

Abstracts of Dissertations

Institute of Information and
Communication Technologies

BULGARIAN ACADEMY OF
SCIENCES



2 / 2022



INNOVATIVE METHODS
FOR TECHNOLOGICAL
DIAGNOSTICS OF
AUTOMATIC MACHINES
AND LINES

Miglena Paneva

МЕТОД И МОДЕЛИ ЗА
РАЗРАБОТКА НА СИСТЕМИ
ЗА ИНФОРМАЦИОННА
СИГУРНОСТ В
ОРГАНИЗАЦИИ

Миглена Панева

Автореферати на дисертации

Институт по информационни и
комуникационни технологии

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ISSN: 1314-6351

Поредицата „Автореферати на дисертации на Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките“ представя в електронен формат автореферати на дисертации за получаване на научната степен „Доктор на науките“ или на образователната и научната степен „Доктор“, защитени в Института по информационни и комуникационни технологии при Българската академия на науките. Представените трудове отразяват нови научни и научно-приложни приноси в редица области на информационните и комуникационните технологии като Компютърни мрежи и архитектури, Паралелни алгоритми, Научни пресмятания, Лингвистично моделиране, Математически методи за обработка на сензорна информация, Информационни технологии в сигурността, Технологии за управление и обработка на знания, Грид-технологии и приложения, Оптимизация и вземане на решения, Обработка на сигнали и разпознаване на образи, Интелигентни системи, Информационни процеси и системи, Вградени интелигентни технологии, Йерархични системи, Комуникационни системи и услуги и др.

Редактори

Геннадий Агре

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Райна Георгиева

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Даниела Борисова

Институт по информационни и комуникационни технологии, Българска академия на науките
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

Настоящото издание е обект на авторско право. Всички права са запазени при превод, разпечатване, използване на илюстрации, цитирания, разпространение, възпроизвеждане на микрофилми или по други начини, както и съхранение в бази от данни на всички или част от материалите в настоящето издание. Копирането на изданието или на част от съдържанието му е разрешено само със съгласието на авторите и/или редакторите

The series Abstracts of Dissertations of the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences presents in an electronic format the abstracts of Doctor of Sciences and PhD dissertations defended in the Institute of Information and Communication Technologies at the Bulgarian Academy of Sciences. The studies provide new original results in such areas of Information and Communication Technologies as Computer Networks and Architectures, Parallel Algorithms, Scientific Computations, Linguistic Modelling, Mathematical Methods for Sensor Data Processing, Information Technologies for Security, Technologies for Knowledge management and processing, Grid Technologies and Applications, Optimization and Decision Making, Signal Processing and Pattern Recognition, Information Processing and Systems, Intelligent Systems, Embedded Intelligent Technologies, Hierarchical Systems, Communication Systems and Services, etc.

Editors

Gennady Agre

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: agre@iinf.bas.bg

Rayna Georgieva

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: rayna@parallel.bas.bg

Daniela Borissova

Institute of Information and Communication Technologies, Bulgarian Academy of Sciences
E-mail: dborissova@iit.bas.bg

This work is subjected to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the materials is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. Duplication of this work or part thereof is only permitted under the provisions of the authors and/or editor.



BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Abstract of PhD Thesis

INNOVATIVE METHODS FOR TECHNOLOGICAL DIAGNOSTICS OF AUTOMATIC MACHINES AND LINES

Miglena Marinova Paneva

Supervisor: Prof. Dimitar Karastoyanov

Approved by Supervising Committee:

Prof. Lubomir Dimitrov

Prof. Pancho Tomov

Prof. Stancho Petkov

Prof. Vladimir Monov

Assoc. Prof. Nikolay Stoimenov



**INSTITUTE OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Department of Distributed and Control Systems

Keywords: *technological diagnostics, test pieces, tensile strength, spectral analysis, tomography.*

Introduction

Technological diagnostics covers issues of search and automated fault control. It is related to the development of innovative methods and tools for monitoring and control, creation of diagnostic tests, active testing, embedded diagnostic systems, assessment of the ability of the control and diagnostic system.

The need to establish the factory is presented; Bulgarian and world producers of metal and pipes; hardware methods and means for intelligent measurement and analysis of machine performance maintenance.

An innovative approach to the operation of technological equipment is presented; the standards and brands of steels are presented, as well as the produced types of pipes and profiles; The innovative procedures for quality control in the production of thin-walled electric welded pipes and profiles, as well as the defects that occur in the production process are analyzed.

Methodologies have been developed to use the necessary devices; attention is paid to the main functions influencing the measurements. On the basis of the compiled methods the preparation of a test body for testing with spectral analysis, tensile strength in low-carbon steel and the production of high-strength steel is carried out; measurement of roughness and hardness, as well as the measurement of geometric characteristics and the measurement of geometric characteristics with a 3D computer tomograph.

The results achieved by research and production research are presented. An analysis of the chemical and mechanical parameters of low-carbon metal during its transformation from hot-rolled metal to cold-rolled metal, results of high-strength steel production, as well as analysis of measured parameters carried out during the technological process.

The future projects for the development of the factory for the production of pipes and profiles are presented.

Aim and tasks of the thesis

The submitted dissertation deals with problems related to the technological diagnostics of automatic machines and lines. The aim of the thesis is to study the progress and integration of new technologies in modern diagnostics of automatic machines and lines and to propose an innovative approach to creating test methods.

To achieve this aim, the following tasks will be solved:

1. After a detailed review to analyze and systematize approaches and methods for integrating intelligent technologies in technical diagnostic procedures.
2. To study existing methods and tools for modern diagnostics of automatic machines and lines.

3. To study the impact of ICT on technical diagnostic methods.
4. To propose and substantiate innovative methodologies for types of diagnostics of automatic machines and lines.
5. To conduct experiments and simulations of different methods in industrial environments.
6. The obtained results should be analyzed and tested.

Chapter 1

OVERVIEW, ANALYSIS AND SYSTEMATIZATION OF METHODS AND TOOLS FOR TECHNOLOGICAL DIAGNOSTICS OF AUTOMATIC MACHINES AND LINES

1.1. Historical background

The development of science and the implementation of innovations enabled in 1995 the establishment of FPTFK (Factory for the production of tubular furniture and components), together with the company "IKEA" - Sweden. It was agreed to jointly realize the production of components from parts, assemblies and installation of modern and luxury metal furniture.

Over time, in order to improve working conditions, there is a need to organize their own production of thin-walled electric welded profiles and cold-rolled steel (CRS) pipes.

Encouraged by the closure of the entire production cycle and the removal of the influence of external distributors, suppliers of finished profiles, the joint management decided to establish and organize a subsidiary FPPP (Factory for the production of pipes and profiles).

The creation of the new factory is fully in line with the trends for digital development "Industry 4.0" and implementation of the components of cyber-physical systems: intelligent machines, embedded self-regulating systems, hardware, software and more uniquely addressed objects and networks that intelligently interact with each other to achieve the set aim, [162, 163].

Manufactured products:

- Hot rolled narrow strips
- Hot rolled stained narrow strips
- Hot rolled stained precision tubes and profiles
- Cold rolled strips and coils (Fig. 1.5.)
- Cold rolled electric welded pipes and profiles (Fig. 1.3. And Fig. 1.4.)



Fig.1.3. Steel pipes

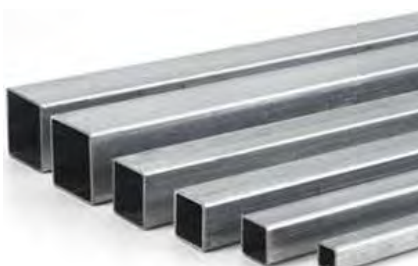


Fig.1.4. Steel profiles



Fig. 1.5. Steel coils

1.4. Hardware methods and instruments for intelligent measurement

1.4.1. Types of operations and punching machines

By punching (Fig. 1.11; 1.12) metal specimens are prepared for tensile strength testing [22, 23, 24, 25]. One of the most widely used punching machines is called a press and may consist of one or more replaceable dies. Punching is done with different presses (punches), which have a complex structure.

1.4.2. Machines for testing strength, tension, compression and bending

1.4.2.1. Standard test methods

Strength tests extract information about certain mechanical properties of materials that are important for their further use in the manufacture of various parts, machines and equipment. Since tests most often end in destruction, it is normal to work with test specimens rather than finished products. In Fig. 1.13 test specimens with tensile strength are presented.

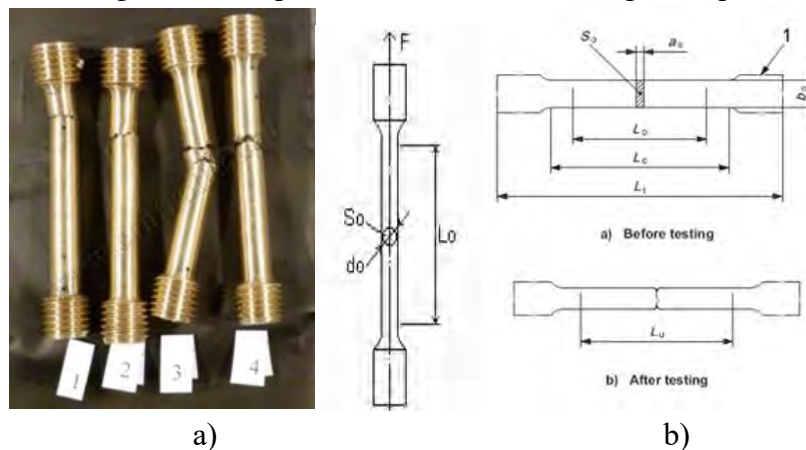


Fig. 1.13. Tensile strength specimens: (a) tube; (b) a flat body with a rectangular cross-section

4. Universal tensile strength machine WDW-300, shown in fig. 1.16.

The maximum load capacity is 300 kN, and the measuring range is 1.2 kN ~ 300 kN. The accuracy of the load is $\pm 0.5\%$; The speed range is 0.005 mm / min ~ 500 mm / min infinitely. Operation at an ambient temperature of 10 ~ 35 °C and relative humidity $\leq 80\%$ [32]. The maximum tension movement is 600 mm, the maximum pressure movement - 600 mm, the width of the test area: 600 mm and the maximum movement of the slider: 1350mm;

1.4.3. Selection of spectral devices

Spectral analysis allows to create a kind of elemental analysis - atomic spectral analysis, which can quantify the content of various elements in a sample of matter by decomposing them into atoms or ions in the flame or electric arc. Spectral analysis is a set of physical methods for quantitative and qualitative determination of the composition of substances by studying their spectra. The relationship between the composition of a substance and the electromagnetic spectrum emitted or absorbed by it allows spectral analysis to be used as a sensitive, relatively easy and fast method in research, industry and other fields.

1.4.6. 3D computed tomography

The 3D scanner (computed tomography) is a non-invasive procedure that uses a special X-ray machine connected to a computer that creates multiple images of a part of the body that needs to be examined. Based on these images, the computer synthesizes a three-dimensional model of the captured structures.

3D computed tomography is widely used in the analysis of various materials. Nikon XT H 225 3D industrial computed tomography (Fig. 1.29) is used for the analysis of the linear values of width and thickness [43, 44].



Fig. 1.16. Universal tensile strength machine WDW-300



Fig. 1.29. 3D industrial computer tomograph Nikon XT H 225

Computed tomography (CT) provides high accuracy and has the ability to examine the internal and external dimensions of the provided samples (samples, blanks). In addition, it provides an additional view of the internal microstructure of the object under study, examining it for inhomogeneity.

1.5.2. Optimal performance of automatic equipment

The aim of every company is to achieve optimal machine productivity in order to achieve greater productivity and lower costs. But here are already settling: To produce better quality, increase safety, protect the environment, the need for higher morale.

The condition of the equipment (AM and AL, A of the whole technological process and operations) determines the production, quality, supply, safety and morale. The aim is to strive for optimal values.

1.6. Conclusion:

This chapter provides an overview and analysis of various producers of HR and CR metal and Bulgarian and foreign pipe manufacturers. Different types of machines for punching parts (test bodies), for testing for tensile strength, pressure and bending, spectral analysis of materials, mechanical measuring instruments and how to measure physical quantities are presented. The innovative method of analysis by computed tomography and the types of printing devices by SLA and FDM are considered. Management models of Tsikuba and INAX for analysis of maintenance and increase of machine productivity are considered.

Chapter 2

INNOVATIVE APPROACH TO TECHNOLOGIES AND TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

To follow the innovative approach to the use, implementation and operation of technologies and technological equipment, a regulation is created, tracking the production of thin-walled electro-welded closed profiles of cold-rolled steel (CRS) [57, 58] in the ZPTP.

The approach used aims to follow step by step the implemented innovative technologies and technical equipment, realizing the particularly difficult combination of automation of continuous and discrete, basic and auxiliary processes and operations, ensuring and achieving high technical and economic performance with comprehensive control of materials, equipment, manpower, risk, environmental protection, etc.

2.1.2. Used steel grades

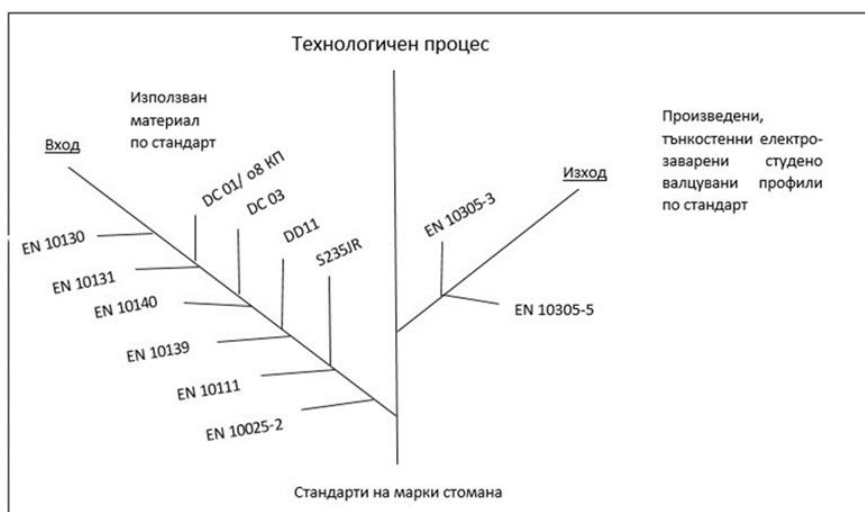


Fig. 2.1. Used steel grades and corresponding standards

In Fig. 2.1. The necessary used steels are shown, ensuring the production of profiles from thin-walled cold-rolled electro-welded steels, meeting the standards of BDS, DIN, EO, EN, IKEA.

2.2. Operation of innovative technologies and technological equipment

In Fig. 2.2. a scheme of implemented innovative technologies is shown, providing the innovative equipment for the production of thin-walled electro-welded closed profiles from CRS, providing primarily its own production of tubular furniture for external customers. Simultaneously with the monitoring of management, production, quality control step by step, the digitalization of "tight production" is being implemented.

2.4. Strip quality control approach

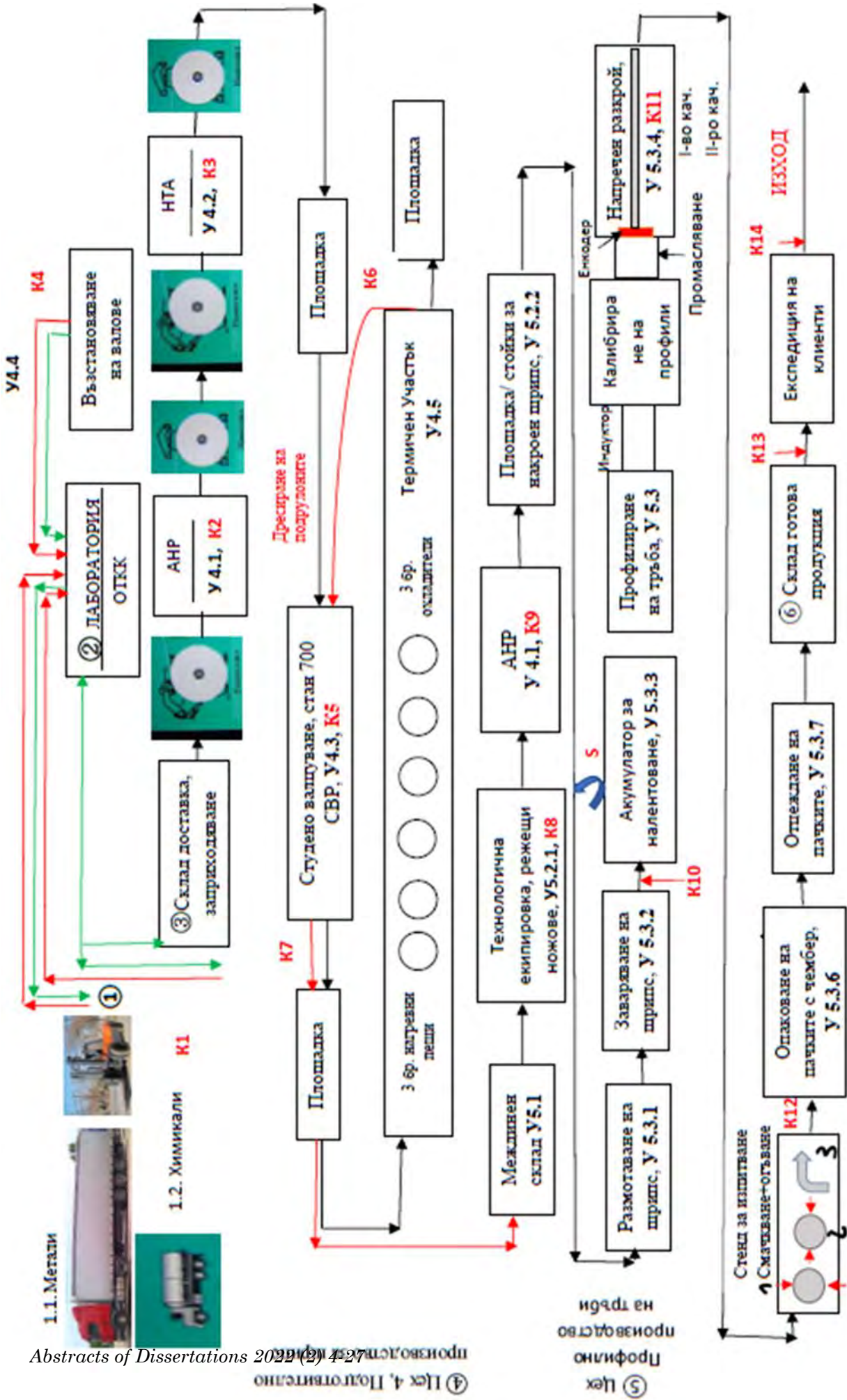
The approach consistently monitors and analyzes the operational control of the technological implementation in the production of strips from CRS or HRS. This standard strip

strip is the basis for profiling and calibration of pipes and profiles in adjustable automatic pipe lines of the product thin-walled electrowelded closed profiles.

The data is entered into the IT computer system of the server, from where each manager and interested party can monitor the status of an order - the duration and operations through which the metal has passed. A quality management system (QMS) has been established, which is to be certified according to ISO 9001. The implementation of this procedure aims to ensure the constant relevance, adequacy and efficiency of QMS, including quality policy and objectives, to ensure continuous and improvement. In order to discuss current tasks, problems, projects and developments, meetings can be held daily, weekly or monthly in the form of operatives between the various units in the Organization.

2.6. Conclusion:

Chapter 2 presents the tubes and profiles produced, the steel grades used and the corresponding standards. It is presented schematically and by describing the operation of innovative technologies and technological equipment, describing all units in the plant, as well as what is monitored for quality control: unbroken pickling unit, single-cell roller mill 700, thermal section, unit for longitudinal and transverse cutting , automatic pipe lines, lubrication station, construction department and tool production. An approach for technological realization is proposed, which covers steps of production and auxiliary processes, operations and control for quantitative and qualitative establishment, documentation and presentation of the finished products in the warehouse. The factors for quality control are described. A quality management system is being implemented through digitization of operational documents. The defects that occur from the production of steel to the production of pipes and profiles are described.



Фиг. 2.2 Схема на иновативни технологии и технологично оборудване

Chapter 3

ESTABLISHMENT OF METHODS FOR INTELLIGENT RESEARCH

The development of a methodology is extremely important for conducting research. The repeatability of the methodologies and the sequence of actions and processes ensures uniformity in the obtained results. A number of factors need to be addressed for the different studies.

For the production of thin-walled pipes from cold-rolled steel for tubular furniture and other products are used a number of technological processes and operations implemented on innovative automatic machines, automatic lines and units equipped with the necessary technological equipment and modern digital control. This requires the development of a methodology for intelligent measurement of their production, which includes 13 methodologies:

1. Method for technological preparation of a sample / test tube
2. Compilation of a method for testing a specimen (test body) for tensile strength testing
3. Development of a methodology for testing linear plastic deformation of a rigid body
4. Development of methodology and experimental study of carbon steel in tension
5. Methodology for preparation and conducting spectral analysis of a metal test body
6. Development of a methodology for monitoring the mechanical characteristics in tensile testing of test specimens of low-carbon steel during its transformation from hot-rolled to cold-rolled sheet metal
7. Development of a methodology for innovative production of high-strength cold-rolled steel for precision electric welded pipes
8. Development of a methodology for innovative measurement of the geometric characteristics of a metal test body using a 3D computer tomograph
9. Design of a new type of innovative test body holder / rectangular sample for 3D computed tomography
10. Compilation of a methodology for analyzing the characteristics of a test body before sharpening the punch
11. Compilation of a methodology for studying the hardness of working rolls on a cold rolling mill
12. Compilation of a methodology for machining and roughness of the working rolls for reversing mill for cold rolling
13. Development of a methodology for testing the roughness of low-carbon steel after cold rolling of reversible loom 700

3.14. Conclusion:

13 methodologies have been compiled to support the experiments conducted in Chapter 4. Strict adherence to the methodologies can contribute to more accurate results and intelligent research. Carrying out experiments on methodologies leads to a reduction in marriage in the production of pipes and profiles.

Chapter 4

EXPERIMENTAL RESULTS IN TECHNOLOGICAL DIAGNOSIS OF AUTOMATIC MACHINES AND LINES

4.1. TECHNOLOGICAL PREPARATION OF SAMPLE / TEST PIECES

Test pieces, also called specimen, are prepared according to standard, Part 1: Room temperature test method BDS EN ISO 6892-1.

4.1.1. Form

Typically, test specimens should have widenings at both ends of the parallel length that engage the jaws of the tensile strength machine. The other reason for these widenings is to avoid breaking the sample at the gripping area with the jaws of the test machine. The parallel length L_c must be connected to the ends of the test piece by means of transition curves with a radius of at least 20 mm. The width of these ends must be $\geq 1,2 b_0$, where b_0 is the original width.

4.1.2. Test body dimensions

The dimensions of the test piece are determined from Table 4.1 and the tolerances are taken into account according to Table 4.2. In our case we have chosen a type of test body № 2 with a width of 20 ± 1 mm.

The resulting test piece has the following dimensions:

b_0 - 20 mm, width of the widenings 30 mm;

L_c - 120 mm;

L_0 - 80 mm;

L_t - 180 mm.

4.2. SELECTION OF TECHNICAL EQUIPMENT

4.2.1. Tensile strength testing machine

All mechanical tests of metal samples during the various stages of processing are performed with a universal electromechanical test machine WDW-300 (presented in Chapter 1). The maximum tensile load is 300kN, the load accuracy is 0.5%.

4.2.2. Spectral analysis machine

The other quality control device used is the BRUKER Q2 ION OES metal analyzer [128, 129]. The Q2 ION spectrometer performs the metal analysis in 30 seconds. Works with argon. This is a universal multi-matrix system for complete inspection and quality of the input material of metal alloys.

4.3. TEST BODY PREPARATION / PUNCHING SAMPLE

The press used for punching is hydraulic with a single simple cutting trough. The hole of the punch for placing the workpiece has dimensions HxW - 300x40 mm.

4.4. Preparation for sizing and linear plastic deformation of a metal test body

Using a micrometer, measure in three places the diameter / do / or the thickness of the test pieces along the length of the working section to the nearest 0,01 mm. The measured minimum diameter / thickness determines the cross-sectional area So. The test length lo is then applied to the working area. This delineation is made so that after its testing the elongation A80%, mm [130-136] can be calculated.

The definitions of elongation required for the analysis of a test piece are shown:

A is the percentage elongation after rupture (calculated from the extensometer or directly from the test specimen) - $A\% = \frac{Lu - Lo}{Lo} \times 100$;

Ag is a plastic elongation at maximum force - - $Ag\% = (\frac{\Delta Lm}{Le} - \frac{Rm}{mE}) \times 100$;

Agt is the total percentage elongation at maximum force - $Agt\% = \frac{\Delta Lm}{Le} \times 100$;

At is the total percentage elongation after total rupture;

"e" is a percentage extension; $At\% = \frac{\Delta Lf}{Le} \times 100$;

mE is the slope of the elastic part of the stress-percentage elongation graph;

R is voltage;

Rm is tensile strength- $Rm\% = \frac{Fmax}{So} \times 100$;

Δ e is an extension zone;

Le is the measuring range (extensometer)

Table 4.3 presents an example of calculating the elongation of a test piece at the tensile strength of a low carbon steel metal test piece.

Table 4.3. Initial, final and calculated elongation parameters of the test piece

Initial parameters		Parameters after rupture		Calculated parameters	
a, mm	20	Fm, kN	8.28	Rm, MPa	360
b, mm	1.15			A, %	32
Lo, mm	80	Lu, mm	106	At,%	31.5
So, mm	23			Agt,%	22.5
Le,mm	120	mE,MPa	240	Ag,%	21

4.5. Experimental study of carbon steel samples at tensile strength

In order to facilitate the processing of the results are exported to an Excel file (Fig. 4.10), where they can be systematized according to the required parameters. Also directly from the program can be prepared a test report with the schedule and the desired parameters that need to appear in the report.

After the test, the data processing software calculates all of the parameters, only the relative elongation A80,% is calculated manually by measuring from the tube using a caliper.

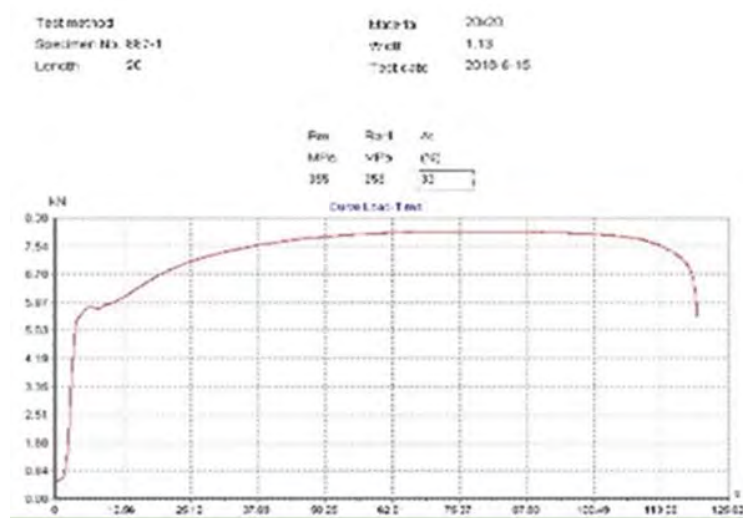


Fig. 4.11 Graph of hot rolled metal

4.6. Study of the chemical parameters of carbon steel

In order to make sure that the delivered raw material meets the parameters of the certificate, control measurements of all characteristics are made. The aim is to minimize errors in the preparation of operating modes and obtaining satisfactory values of the metal after its processing.

After the rolls are saved, the data of each roll is entered in a logbook. An analysis of samples from each roll is made and compared with the data from the certificate. In addition, a comparison is made with the data that must meet the standard for the respective steel grade.

In most cases the values of the chemical composition correspond to the values indicated in the certificate, but there are cases in which a large discrepancy occurs as shown in Table 4.6. This leads to a discrepancy in the values of mechanical parameters in higher limits, which if not complied with will have a problem in the technological process.

Table 4.6 Comparison of chemical and mechanical parameters by certificate and after test

Type	Steel grade	№ of Heat	Chemical composition				Rm (Mpa)	Re (Mpa)	A,%
			C	Mn	Si	Al			
Certificate data	DD11	915921	0,06	0,24	0,008	0,320	386	285	33
Control sample			0,08	0,26	0,012	0,033	410	335	29

4.7. Technological setting and experimental results from the transformation of the mechanical characteristics from GVR to SVR

A single-cell mill (Rolling Mill with one roll) was used for the study, and the metal used was 2 mm thick and 550 mm wide, with a roll weight of 6 t, manufactured in Romania by ArcelorMittal Galati S.A. The initial thickness after rolling is 1.13 mm, after 3 passes through the reversible rollers.

4.7.1. Heat treatment of metal

- Fe-C state diagram

➤ The methodology from the diagram in fig. 4.13 is described by the heat treatment process, which takes place in 5 stages:

- 1) Purge;
- 2) Heating the metal to 350°C for a period of 3 hours;
- 3) Subsequent heating of the metal from 300°C to ~ 650°C for a period of 6 hours;
- 4) Air cooling until the metal reaches 300°C;
- 5) Water cooling from 300°C to 80°C.

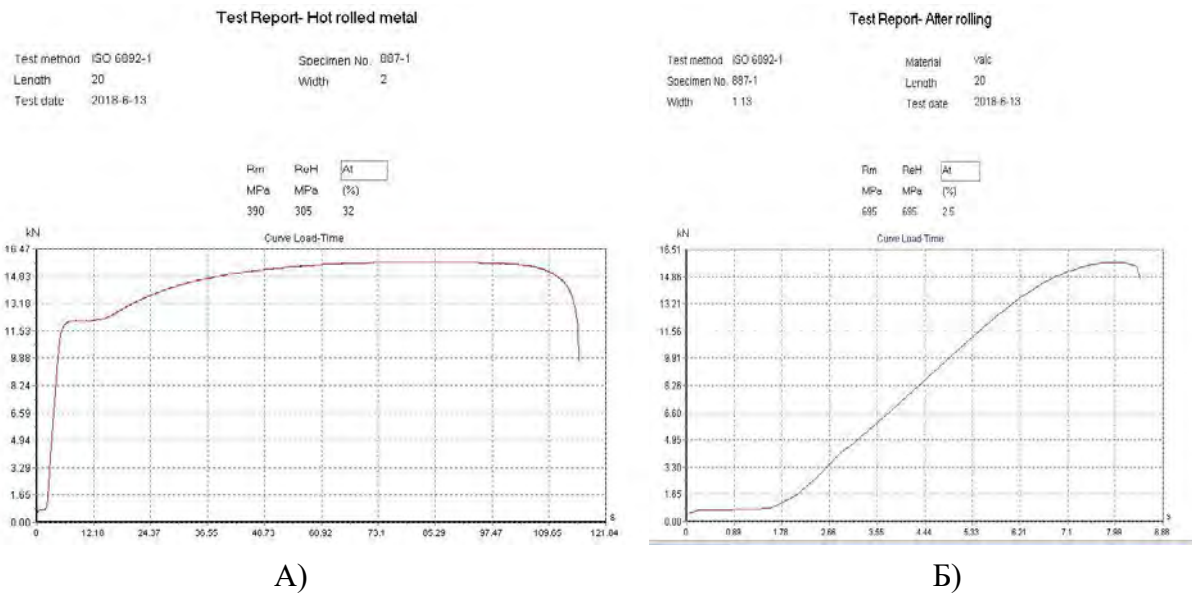
During the annealing cycle, a shielding gas flows, which is a mixture of 96% nitrogen and 4% hydrogen. The first stage (purge) is an extremely important process and an integral part of the cycle, because the purpose of the passage of this protective gas is to expel the oxygen that is in the space between the rolls. Otherwise, oxidation of the metal will occur.

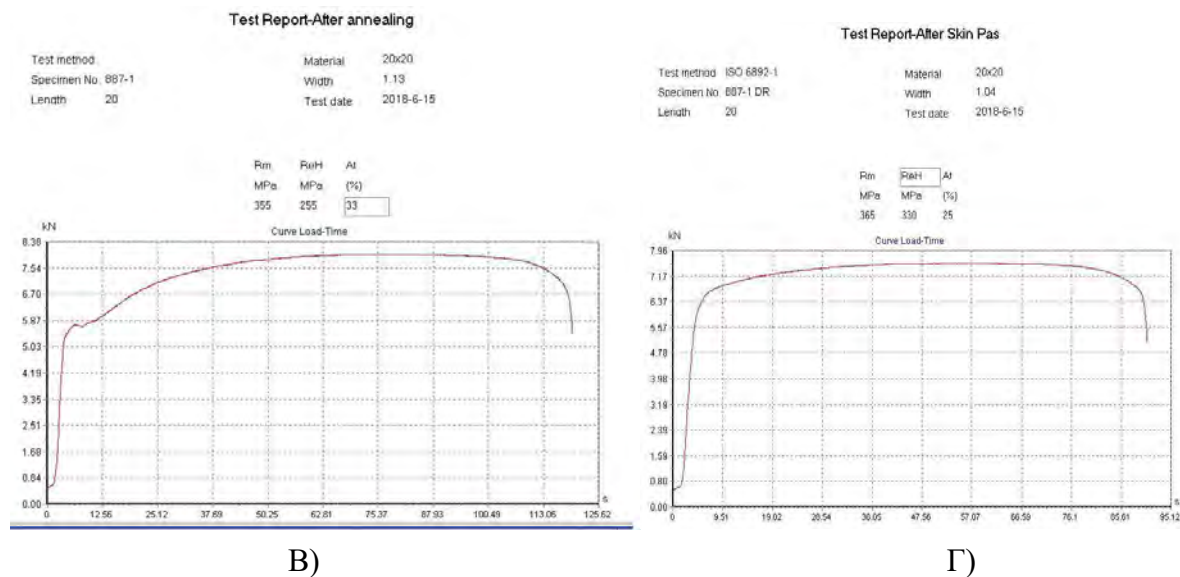
4.7.2. Test results

Table 4.8 Mechanical characteristics during different stages of the technological process

Type	Rm	Re	A
	Mpa	Mpa	%
HRC	390	305	32
CRC	695	695	2.5
After annealing	355	255	33
After skin pass	365	330	25

4.7.3. Tensile strength testing diagrams





B) G)
Fig. 4.14 Diagrams of tensile strength testing:

A) HRS, B) CRS, C) after annealing, D) after skin pass

4.8. Innovative production of high-strength steel

From the analysis of the characteristics of the steel grade S235JR (EN 1.0038 Steel), Standard EN 10025-2 it was found that it is close to the requirements of E320 and E370.

Based on the performed experimental data and analyzes, a technological regime for the production of pipes with brand E320 and E370, standard EN 10305-3 and EN 10305-5 has been developed depending on the input data of the material, chemical composition and mechanical parameters.

4.8.2. Technological regime and experimental results

After analyzing the input parameters of the HR raw material, which show that the material is suitable for the production of E320 steel, the metal is cut to the required width, stained (surface cleaning of scale, corrosion and dirt) and a rolling assignment is prepared according to the desired thickness. In our case, the desired thickness is 1.0 mm.

When rolling from 2.0 mm to 1.0 mm, the number of passes is 3:

- 1- 2.0 mm → 1.55 mm 22.5%
- 2- 1.55 mm → 1.25 mm 19.4%
- 3- 1.25 mm → 1.0 mm 20%

After the rolling mode, the annealing mode and% deformation during training (skin pass) are determined. The annealing process consists of several stages:

- 1) **Purge** - 1 hour (for the purpose of expelling oxygen, by means of protective gas from nitrogen and carbon)
- 2) 1st delay - 350°C / 3h: Heating the metal to 350°C for 3 hours
- 3) 2nd delay - 620°C / 20 min. Per ton (polygonization): Raising the temperature to 620°C, and the time is determined by the amount of metal in tons per hour. For example, with a stand with a tonnage of 24 tons, 8 hours are obtained.

- 4) Cooling with air up to 300°C
- 5) Cooling with water from 300°C ÷ 100°C
- 6) Unpacking the rolls and natural cooling to 40°C

To properly report the results after annealing, it is necessary to place three samples in different places, simulating sampling from the beginning, middle and end of the roll. The results of the 3 samples are averaged.

After the heat treatment, the rolls go through another stage - training / skin pass. Through it the metal becomes more shiny and superficially strengthened. Depending on which brand of steel we want to achieve, the percentage of deformation in training after annealing is different. Table 4.11.

Table 4.11. Percentage of deformation in different steel grades

Steel drade	% Deformation	Steel drade	% Deformation
E320	3	E275	10
E370	4,5	E355	15
E420	6		

4.9. Sharpening the punch

For proper testing of mechanical parameters, its linear dimensions (width and thickness) must be monitored and whether the punch blades do not wear out. With worn knives, there is a loss of uniformity over the entire area [144, 145].

4.9.1. Analysis of the geometrical characteristics with a micrometer and a caliper and by means of a 3D computer tomograph before sharpening the punch for cutting metal samples

When adjusting the arithmetic mean of the measured widths and thicknesses of the test body, the following parameters are obtained:

- The values of the samples measured with a micrometer and a caliper
a = 0.96 mm; b = 20.01 mm
- Sample values measured by 3D computed tomography
a = 0.99 mm; b = 20.07 mm

If we make a simulation of the tensile strength test, Table 4.14 at force $F = 6,5$ kN, it will be calculated by the formula $R_m\% = F / S \times 100$ and cross-sectional area $S = a \cdot b$, we will get the following values:

Table 4.14: Simulation of tensile strength calculation

Measured with:	S, mm	R _m , Mpa
micrometer and caliper	19.2096	338
3D CT	19.8693	327

Figures 4.16 and 4.17 show images from the 3D computed tomography of the scanned test specimens of their thickness and width.

When the test body is cut off by punching, wear of the knife occurs during prolonged operation. This phenomenon is observed in fig. 4.18. The height of the resulting patch was measured using a 3D tomograph. After the analysis from the computed tomography it is clearly seen that on both sides of the test body, the thickness is significantly less than the real one, which is a consequence of the worn knife in punching fig. 4.16.

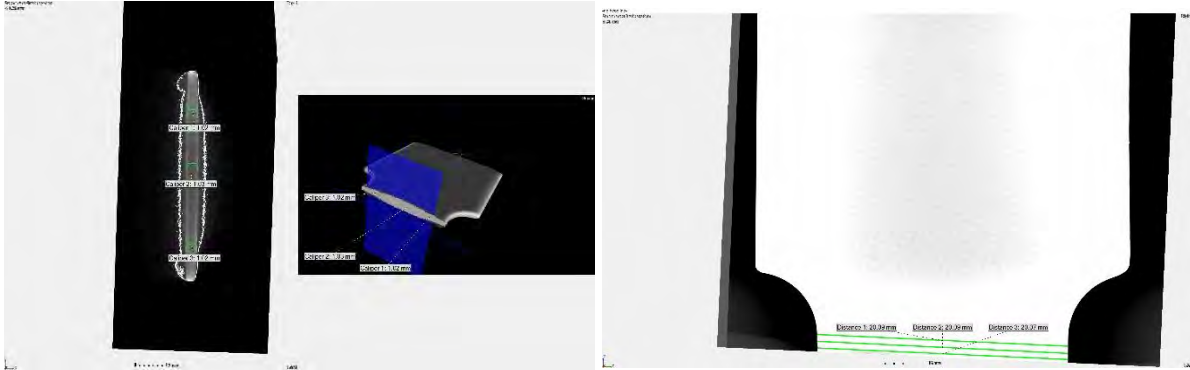


Fig. 4.16 Measured thickness with 3D tomograph; Fig.4.17 Measured width with 3D tomograph

4.9.2. Comparative analysis of the geometrical characteristics before and after sharpening of the sample cutting press

After the 3D computer analysis of the sample prepared before sharpening the guillotine knives of the press, a defect on its surface is clearly visualized. Due to the wear of the knives, the metal is crushed and deformed. The size of the defect is 0.12 mm is shown in Fig.4.19.

From the examinations of the two types of specimens it is clear that the deformed specimen produced before sharpening the knives shows deformation. . Significantly less thickness was measured at the edges of the sample than the actual thickness in the middle - 0.92 mm; 1.04 mm; 0.88 mm.

From the analysis of the sample prepared after sharpening the press, a uniform width and thickness can be noticed (Fig. 4.26). The dimensions of the width are: 19.98 mm; 19.96 mm; 19.96 mm, and those of thickness are 1.01 mm; 1.03 mm, 1.01 mm.

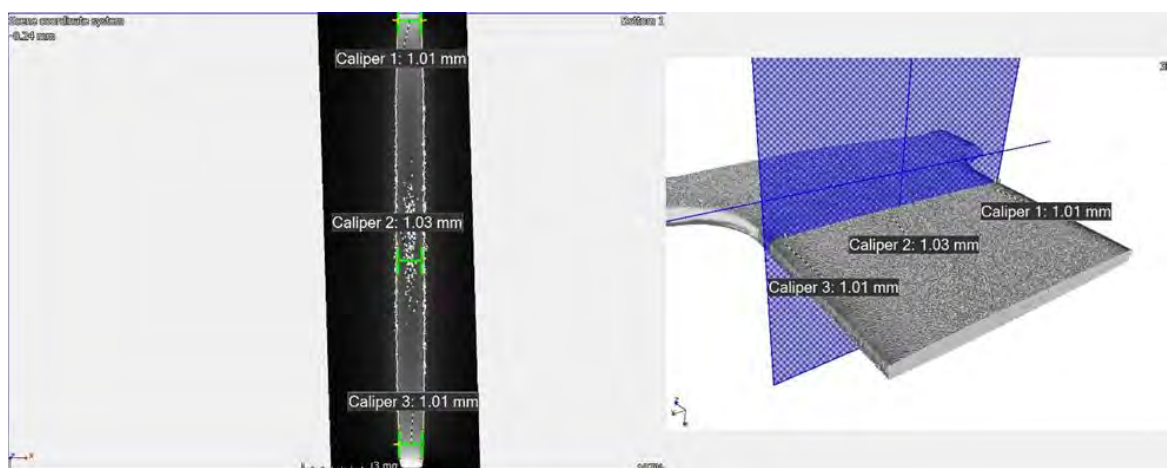


Fig.4.26. Measurement of sample thickness after sharpening

4.10. Creating a new type of innovative test holder for 3D computed tomography

The holder shown in fig. 4.28 is designed to allow the placement and attachment of several types of tubes, depending on their thickness [146].

4.10.3. 3D printed holder

The modeled holder, FIG. 4.29 is manufactured using additive technology on a 3D Fused Deposition Modeling (FDM) printer. It was chosen because its consumables are cheaper and the design of the prototype does not require great precision in printing.

4.10.4. 3D computed tomography

The utility model holder for test specimens works as follows: The test object (tube) is placed in the holder, then fixed in the support mass of the 3D computed tomography described in Chapter 1. The test specimen is tightened by means of a light threaded hole and a screw with thread. After placing the test object, the parameters necessary for successful scanning of the tube are set. In case of incorrectly set parameters, there is an option not to notice defects in the internal structure of the studied object.

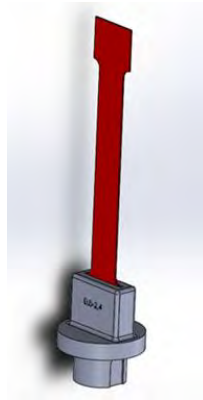


Fig. 4.28. Modeling holder



Fig. 4.30. Set object for research

4.11. Study of the hardness of working shafts

4.11.3. Results and discussions

The results obtained are after processing of the metal, approximately after 100 tons of metal have been processed through them. The analysis was performed with a portable hardness tester of the INSIZE brand, model ISH-PHA portable, which has the ability to measure hardness on 4 scales: HB (Brinell), HRC (Rockwell), HV (Vickers), MPa. The life of the support and working shafts is quite long as long as they are operated properly. After the initial work with the support shafts, the time after which they have to be removed for the first grinding is approximately 3000 tons, due to increased roughness or trimming of the shafts. After smoothing the surface, they return to the work cage. The working method of work shafts is the same, with the difference that they are ground after rolling 150 tons of metal. The minimum diameter of the support shafts is about $\Phi 520$ mm, and of the working shafts until the diameter $\Phi 185$ mm is reached.

The analyzes are reported on the Rockwell scale - HRC. Research shows that the hardness of the shaft has changed by only 1 unit.

4.12. Study of the roughness of working shafts and low-carbon steel

4.12.1. Study of the roughness of working shafts

➤ Used equipment:

- The lathe used to machine the work shafts is the C13MB universal lathe.
- For the needs of the production a universal round grinder from a Bulgarian manufacturer has been chosen. This grinder is based on the principle that the workpiece rotates, the stone remains stationary, and the table on which it is attached is moved.

➤ Experimental results

After grinding the shaft, the roughness is normal - 0.4 μm , and after its rolling work it reaches over-smoothing - 0.042 μm , (Table 4.24). After machining the work roll - grinding, the diameter to be removed is in the order of 0.2 mm.

Table 4.24. Roughness of the working roll

	Roughness, [μm]
Grinding roll	0,4
Worked roll - processed 50 t. metal	0,15
Worked shaft - processed 250 t. metal	0,042

4.12.2. Measurement of roughness of low-carbon steel after rolling of reversible single-cell loom 700

To perform the experiment, an analysis of the roughness of low-carbon metal was made in several states of delivery and processing of metal: hot-rolled coil, purchased cold-rolled coil, and cold-rolled coil from purchased hot-rolled coil, processed on a reversing mill 700 for cold rolling, Table 4.25

Table 4.25 Average roughness of different type of steel

Type of steel	Average roughness, μm
HRS	1,39
Purchased CRS	1,0
Manufactured CRS, 5 % deformation	1,01
Manufactured CRS, 50 % deformation	0,32

4.13. CONCLUSION

This paper presents the method for technological preparation of a test body from the choice of press, the type of punch to the dimensions that must meet the standard EN ISO 6892-1 a test body for tensile strength testing. After testing different thicknesses and hardnesses of the sample body, it becomes clear that there is no pattern in the number of samples that will be prepared, after which the guillotine knives of the punch will have to be sharpened. However, after a study and monitoring of the work process, taking into account the intensity of work, it is necessary to sharpen after about 2 years or when edges begin to appear in the area of cutting the workpiece.

After a thorough analysis of the study using spectral devices, it was found that this method provides information essential for learning and improving the work processes. This is

necessary in order to be able to make quick and accurate quantitative analyzes of the chemical composition of the raw material, because from there the whole mode of operation is determined.

After analyzing the high-strength steel grades, it became clear that the replacement of ordinary structural steel grades allows to significantly reduce the metal consumption of manufactured products by using a smaller wall thickness and similar or higher tensile strength. In this way, in addition to maintaining the durability of the product / structure, but significantly reducing its weight, the linear meters of rolled sheet metal are increased, which leads to savings.

During the tensile strength test, a graph is drawn from which the program will calculate parameters important for the analysis of the material. Depending on the material tested, the graphics are different. Low carbon steel has been tested at various stages of processing.

As a result of the developing world, the analysis equipment is being modernized. Therefore, a comparison of the measurement of linear quantities using standard measuring instruments - caliper and micrometer and the modernized 3D computed tomography, which provides more detailed information about what problems may arise in preparing a test body for tensile strength testing. The analyzes show that despite the discrepancy in the measurement by the two methods, the dimensions of the sample meet the ISO standards for width and thickness and do not give a significant error in the subsequent calculation of the mechanical parameters. The analysis with the 3D computed tomography shows detailed defects after cutting off the test body after punching. The thickness on both sides of the sample is crushed from 1.02 mm average thickness in the middle to 0.90 mm. The other defect that is visualized is the appearance of a mustache also due to a worn punch knife.

From the comparative analysis of the geometrical characteristics of a metal test body for tensile strength testing, prepared before and after sharpening of guillotine knives on the press, significant differences were found. From the measurements made on a 3D computed tomograph it was found that when the knives are worn out, large defects occur on the surface of the sample. During the detailed measurement of the width, there is a crushing of the metal on the upper side of the knife, uniformity in the middle and a defect in the lower part of the sample. And the thickness in the final widths is 0.12 mm less, in contrast to the test body prepared after sharpening, where the thickness and width are uniform.

Due to the variety in the hardness and thickness of the workpiece, it is difficult to say after what period of work the guillotine knives of the punch wear out. According to observations of the needs and workload of the current production, it is necessary to sharpen every 2 years. Timely sharpening of guillotine knives on the press can lead to more accurate measurement of tensile strength.

An intermediate inspection of the test specimen for a period of 6 months is recommended, depending on the press load.

A test body holder was created, used in a 3D computed tomograph to analyze the geometric characteristics and structure of the tube. It provides a secure and stable grip to avoid damage and inaccuracies in the examination and analysis of the test specimen, which is essential for quality control. After comparing the dimensions of the new holder for test specimens and the standard for determining the dimensions, it becomes clear that all sizes of flat test specimens with a rectangular shape are comparable to the size of the holder and can be tested. The advantage of the test fixture holder is the reduced time for placing the test specimens in the

movable plate, the secure grip and the possibility to place different types of test specimens and does not fall into the scanning area.

The optical method of measurement, TIV technology allows measuring the hardness of different materials without additional calibration. In addition, the static application of the load allows measuring the hardness of thin and small objects, as well as coatings.

Chapter 5

PLAN FOR COMMERCIALIZATION OF SCIENTIFIC RESULTS

Using the latest technological operations and equipment from global manufacturers and brands, the company is focused on developing innovative solutions in the production of pipes and profiles through:

- Quick implementation of new profiles.
- Production of pipes and profiles from high-strength material - up to 520 Mpa.
- Production of complex profiles in combination with material with high tensile strength

5.2. Conclusion:

Through the simulation of a combination of complex profiles and smaller thickness of pipes and profiles and their testing under load shows a significant reduction in the weight of the finished products without compromising their strength and appearance.

CONCLUSION

In the developed dissertation the review, analysis and systematization of methods and means for technological diagnostics of automatic machines and lines are made.

A technological regulation and approach for implementation and operation of the technological equipment for production of thin-walled electro-welded closed profiles from cold-rolled steel is proposed.

Methods for experimental preparation of a test body are proposed, through which tensile strength, spectral analysis and computed tomography are tested.

Experiments were performed with a universal tensile strength testing machine, which analyzes the mechanical properties of the metal.

The chemical composition of the raw material used to correctly determine the operating modes was studied by spectral analysis.

An innovative holder for test specimens has been created, which is protected by the Patent Office of the Republic of Bulgaria, Reg. № 3892 U1 / 23.09.2020. The holder is used in the developed methods for 3D scanning of the internal structure of the test body, aiming at non-destructive analysis of its geometric characteristics. Analyzes show deformation in its shape, defects have formed, due to wear of the press punch. An analysis and recommendation for prevention of the punch, in accordance with its load was made. It was established that the prevention should be carried out within two years.

In-depth analysis of chemical and mechanical indicators contributes to reducing waste in the process. Increases the quality of finished products and performance on time.

SCIENTIFIC AND APPLIED CONTRIBUTIONS:

The contributions to the dissertation are mainly of scientific and applied character and are as follows:

1. After a detailed review, a critical analysis and systematization of methods and tools for technical diagnostic procedures are made.
2. Existing problems and solutions concerning the modern diagnostics of automatic machines and lines are discussed and the influence of ICT on the methods for technical diagnostics is studied.
3. Innovative approaches for diagnostics of automatic machines and lines are proposed.
4. Methods have been developed for: technical diagnostics (testing) through a test body of plastic deformation and tensile strength, graphs of carbon steel at tensile strength, transformation from hot-rolled to cold-rolled sheet, creation of high-strength cold-rolled steel for precision electric welds pipes.
5. Methods have been developed for: design of a new type of innovative test body holder, innovative measurement of geometric characteristics by 3D computed tomography, analysis of the characteristics of the test body before and after punch sharpening .
6. Methods have been developed for: spectral analysis of a metal test body, machining and research of the hardness and roughness of working rolls, testing of the roughness of low-carbon steel after cold rolling.
7. Experimental developments and simulations of different methods in industrial environment are made.
8. The results are analyzed and tested

ACKNOWLEDGMENT

I had the honor to work under the guidance of Prof. Dr. Dimitar Karastoyanov, who has supported and helped me over the years - thank you very much for your help and irresistible sense of humor.

I would also like to thank Prof. Galya Angelova for the opportunity to work with unique and modern research equipment within a large European project.

Of course, I would also like to thank Assoc. Prof. Dr. Nikolay Stoimenov for the methodological instructions and guidelines he gave me.

I would also like to thank Prof. Dr. Todor Neshkov and Assoc. Prof. Dr. Lyuben Klochkov from the Department of ADP at the MF of the Technical University of Sofia for their support during all these years.

Thank you all very much !!!

BIBLIOGRAPHY

- [1] Сп. Инженеринг ревю, Механични системи, брой 2, 2010
- [2] Клъстери и иновации- възможна парадигма на обновление, ст.н.с д-р Бенислав Ванев и ст.н.с. д-р Кирил Желязков, стр. 310 (от 309-337 стр. Иновациите- европейски, национални и регионални политики), 2008, Фондация „Приложни изследвания и комуникации“, ISBN 978-954-9456-12-7 ARC FUND.
- [3] Кейнсуке Оно и Тацуюки Негоро, „Статистически мениджмънт на производствения бизнес“, (Strategic management of manufacturing businesses”- Corporation, Tokyo, Japan), издание на Bulgarian AOTS Alumni Society и ЦКП
- [4] Иновациите- Европейски, национални и регионални политики, научен редактор проф. д.н.к.н. Марин Петров, Фондация „Приложни изследвания и комуникации“, ARC FUND, ISBN 978-954-9456-12-7; с (София), 2008
- [5] <https://www.ikea.bg/>, (последно посетен 12.2021)
- [6] В.Гановски, И. Бояджиев, Л. Клочков „Автоматични линии“, учебник, печатна база ВМЕИ
- [7] Сп. Инженеринг ревю- брой 6, 2013 г.К. Elissa, “Title of paper if known,” unpublished.
- [8] Zheng Q., Mashiwa N, Furushimaa T., Evaluation of large plastic deformation for metals by a non-contacting technique using digital image correlation with laser speckles, Materials and Design 191, 2020, 108626.
- [9] Penchev T., Altarmakov I., Stoimenov N., Controlled Impact: Experimental Results in plastic deformation. XXVIII International Scientific Conference of the Faculty of Industrial Technology of TU-Sofia – FIT’2015, Sozopol, Bulgaria, 11-13 September, 2015, ISBN:978-619-167-178-6, 2015, pp. 151-156.
- [10] Ройдев М., Георгиева В., Стоиленов Н., Клочков Л., Панев П., Разработване на автоматична линия за опаковане с еднократна опаковка, XXV МНТК Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2016” 23-26 Юни, Созопол 2016г., ISSN – 13 10 -3946, 2016, стр.232-239.
- [11] Илиев Л.- Методи за определяне свойствата на материалите – якостни и пластични свойства, Курсова Работа по Технология на Материалите
- [12] Stoimenov N., Gyoshev S., Penchev T., Contactless measurement of temperature during cold plastic deformation., Scientific Proceedings, NDT days 2016, Number 1 (187), June 2016, ISSN 1310-3946, pp. 449-450
- [13] Иванчев И., Славчев В., Добрева И., Даалов Б., Експериментално определяне на якостните характеристики при различна възраст на бетона, XVIII Юбилейна международна научна конференция по строителство и архитектура ВСУ’2018, ISSN: 1314-071X
- [14] Ivanchev I., Slavchev V., Research on concrete mechanical properties and their application for cracks’ research in reinforced concrete elements, subjected to bending, 15th International scientific conference VSU’2015, ISSN: 1314-071X, pp.115-120
- [15] Опъковъчен лист за компютърно контролирана електронна тест машина, Time Group
- [16] <https://www.zwick.com/en/systems-for-climate-and-temperature-testing/temperature-chamber>, (последно посетен 01.2022)
- [17] Цонев В., Изследване на механични характеристики на легирани стомани в условията на високи температури, Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“
- [18] Киркова Е. Обща Химия. София, Унив. изд. „Св. Климент Охридски“, (2001). с. 436.
- [19] Добри Лазаров, „Неорганична химия“, (2019), УИ "Св. Климент Охридски", ISBN: 9789540738192
- [20] Христо Радев, „Метрология и измервателна техника“, книга- справочник в три тома, под общата редакция на проф. д.т.н. Христо Радев, издателство „Софтрейд“, София 2012 г. (Том 2, стр. 144-165, Механични средства за измерване)
- [21] Polymeta-S, last visited June 2021 <https://www.polymeta.bg/shop/instrumenti-i-okomplektovka-za-metalrezheshtimashini/insize-2/shubleri/elektronen-shubler?v=461b1990fe86>
- [22] Христо Радев и колектив, „Измерване на диаметри на голямо габаритни валове“ XXV Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и Метрологично осигуряване“, 2015, 7-11.09,2015 Созопол, 70 год. ТУ София, стр. 221-225
- [23] Христо Радев и колектив „Определяне на непостоянството на оста на въртене на обекти, осъществяващи точни въртеливи движения“, XXV Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и Метрологично осигуряване“, 2015, 7-11.09,2015 Созопол, 70 год. ТУ София, стр. 226-234
- [24] Христо Радев и колектив, „Измерване на геометричните параметри на голямо габаритни ротационни детайли тип „пръстен““, XXV Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и Метрологично осигуряване“, 2015, 7-11.09,2015 Созопол, 70 год. ТУ София, стр. 235-239
- [25] Kazakova S., Kamenova I., Klochkov L., Stoimenov N., Popov B., Sokolov B., Application of 3D Industrial Tomography In Dental Medicine., International Scientific Conference “Industry 4.0”, 13-16 December 2017, Borovets, Bulgaria, pp. 187-190, ISSN: 2535-0021 (Print), 2535-003X (Online), Publisher: Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry – 4.0
- [26] Nikon Metrology Brochure http://www.nikonmetrology.com/en_EU/Products/X-ray-and-CT-Inspection/Computed-Tomography/XT-H-225-ST-Industrial-CT-Scanning/, (последно посетен 01.2022)
- [27] (<https://www.livescience.com/39810-fused-deposition-modeling.html>)

- [28] <https://all3dp.com/fdm-vs-sla/>, (последно посетен 01.2022)
- [29] <https://www.fargo3dprinting.com/choose-fdm-sla-desktop-3d-printers/>, (последно посетен 01.2022)
- [30] Опитът на японските корпорации „Тошиба“ и Сейко, книжка 5/93, Издателство „Център по качеството и производителността“, С., 1993, Издателство стандартизация
- [31] Г. Дюкенджиев, Р. Йорданов „Контрол и управление на качеството“, сп. Софттрейд, 2002 год.
- [32] И. Малаков, Г. Дюкенджиев, Ф. Флеминг, Р. Йорданов „Класификация на методите за определяне на технико-икономическите показатели за качество при проектиране на технически изделия“, научни измествия, НТСМ, година XIII, брой 10/93, ноември 2006 г., „ННТКМУ“, Автоматизация на дискретното производство, АДП 2006, ноември 2006, София ISSN-13-10-3946 (27-33).
- [33] Н. Коцев, Е. Ринкова, Е. Грънчаров, „Анализ и оценка на риска на заключалки на шахтни врати на асансьори“, сборник доклади АДП 2008г., НТКМУ, Семково- септември 2008 г. ISSN-13-10-3946 (277-283).
- [34] К. Димитров, Д. Данчев, „Надеждност на строителни машини и системи“, Техника, С., 1994 г.
- [35] Е. Евгениев, Б. Савова и В. Куцарова, „Оценка на професионалния риск“ част втора, Издателска къща „Шанс АД, Сл., 2011, ISBN 978-954-92179-6-4
- [36] Cold Rolled Steel". Archived from the original on 7 April 2014. Last visited 31 March 2021.
- [37] How innovation works: And why flouris in freedom, Copyright ©, Matt Ridley, 2020; ISBN: 978-954-28-3274-4
- [38] Liu, David Lipták, Béla G. (1997). Environmentalengineers' handbook. CRC Press. p. 973. ISBN 978-0-8493.
- [39] CRCA Steel - Cold Rolled and Close Annealed".materialgrades.com. 4 November 2017.Archived from the original on 15 November 2017. Last visited 29 April 2021.
- [40] Eagleson, Mary (1994). Concise encyclopedia chemistry). Walter de Gruyter. p. 834. ISBN 978-3-11-011451-5.
- [41] BDS EN 10130: 2006
- [42] BDS EN 10139: 1997
- [43] http://www.splav-kharkov.com/en/e_mat_start.php?name_id=356, (последно посетен 01.2022)
- [44] БДС EN 10131:2006
- [45] БДС EN EN10140
- [46] BDS EN 10025
- [47] BDS EN 10111: 2009
- [48] BDS EN 10305-3
- [49] BDS EN 10305-5
- [50] <http://www.sa-inco.com/en/rolling-mills/projects/1>, (последно посетен 01.2022)
- [51] ИЗМЕРВАНЕ НА ТВЪРДОСТ НА МЕТАЛИ И СПЛАВИ, Сп. Инженеринг ревю - брой 9, 2013
- [52] Учебна литература по металознание / материалознание (31)
- [53] Христов, С.Г., Изпитване и дефектоскопия на металите, С., Техника, 1988.
- [54] <https://www.hardnesstesters.com/>, (последно посетен 01.2022)
- [55] <http://www.sa-inco.com/en/annealing-and-heating-ovens/projects/3>, (последно посетен 01.2022)
- [56] Дюкенджиев Г., Йорданов Р., Методи за анализ на измервателни системи. Оценка на възможностите и приложения
- [57] проф. д.т.н. Хр. Радев, Метрология и измервателна техника, книга- справочник, Том 1, 2, 3, София, Софттрейд, 2002
- [58] Семерджиев А., Автоматизация на контрола в машиностроенето, сп. Техника, 1990
- [59] H. Yu, X. Liu, X. Ren, Behaviour of longitudinal cracks on slab surfaces in V-H rolling processes, Steel Res. Int., 2 (2008), pp. 537-544, 10.2374/SRI07SP066-79-2008-xx
- [60] M.Nioia, S.Celottob, C.Pinnaa, E.Swartb, H.Ghadbeigia, Journal of Materials Processing Technology, Volume 249, November 2017, Surface defect evolution in hot rolling of high-Si electrical steels, Pages 302-312
- [61] S. Shainu, T.K. Roy, B.K. Dey, R.K. Sharma, N.C. Gorain, S. Dhar, C.V. Sastry, Study on Slab Surface Defects and Generation of FeO Type Slivers in Hot Rolled Coils Tata Steel Ltd., Jamshedpur (2008)
- [62] S.-L. Lee, J. Choi, Deformation analysis of surface defect on hot rolling by 3-D FEM simulation, Rev. Metall. Cah. Inf. Tech., 105 (2008), pp. 127-135, 10.1051/metal:2008025
- [63] Paneva M., Klochkov L., Methodology and experimental study of carbon steel in tension for technological preparation of a sample /test tube, XXIX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2020., 29.06-02.07 2020, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department “Automation of Discrete Production Engineering“ Mechanical Engineering Faculty, Technical University – Sofia, pp. 56-61
- [64] European standard - Metallic materials- Tensile testing- Part 1: Method of test at room temperature (EN ISO 6891-1:2009)J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [65] Paneva M., Research of Mechanical Characteristics in Tensile Tests of Low Carbon Steel Samples During Transformation from Hot Rolled to Cold Rolled Sheet Metal Method for testing the grinding media in mills, 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN: 1847-7917, pp. 153-158

- [66] Paneva M., Linear Plastic Deformation of Solid Body, Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 71, Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, ISSN:0204-9848, 2019, pp. 35-42
- [67] Феликс Н., Арсов Я. Планиране на експеримента в технологията на металите. Изд. „Машиностроение“, Москва, изд. „Техника“, София, (1981).
- [68] Zlateva, G., Martinova Зл., Microstructure of Metals and Alloys. An Atlas of Transmission Electron Microscopy Images. CRS Press, Taylor & Francis Group, (2008), ISBN: 978-1-4200-7556-4.
- [69] M. Zhaoa, L. Huang, Ch. Li, J. Li, P. Li, Evaluation of the deformation behaviors and hot workability of a high-strength low-alloy steel, Materials Science and Engineering: A, 810 (2021), p. 141031
- [70] D.X. Wen, J.K. Wang, K. Wang, Y.B. Xiong, L. Huang, Z.Z. Zheng, J.J. Li, Hot tensile deformation and fracture behaviors of a typical ultrahigh strength steel, Vacuum, 169 (2019), p. 108863
- [71] Laboratory SmartLab at the ICT-BAS (last visited December 2021) – https://www.iict.bas.bg/rius/smartlab_en.html
- [72] Stoimenov N., Panev P., Karastoyanov D., Software for 3D Modeling, Simulation and Optimization, XXVII International Scientific and Technical Conference, ADP - 2018., June 21-24th 2018, Sozopol, Bulgaria., pp. 329-334, ISSN – 13 10 -3946.
- [73] Paneva M, Panev P, Stoimenov N, Survey of the Geometric Characteristics of a Test Specimen Before Punch Sharpenings, V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "INDUSTRY 4.0", 09-12.12.2020, BOROVBETS, BULGARIA, ISSN: 2535-0153, pp. 245-248
- [74] M. Paneva, N. Stoimenov, Hardness Of Working Rolls For Cold Rolling Mill, 8th International Conference, ICAT'19 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, August 26-30, E-ISBN: 978-605-68537-4-6, 2019 pp. 203-206
- [75] доц. Д. Неделчев, катедра ТМММ, ТУ-Варна: Тема 3. Стругови операции. Характеристики и възможности на процеса. Елементи на технологичната система, 2014. ,
- [76] Д. Георгиев, Д. Неделчев, Ст. Славов. „Технология на машиностроенето I част“.
- [77] Ан. Диков, „Технология на машиностроенето“, Година на издаване 2007; Брой на страници: 410; ISBN: 9789543340538; Издател: Софтрейд.
- [78] ДИПЛОМНА РАБОТА на тема: „Устройство за повърхностна обработка на фино - механични детайли с неправилна форма“ 2008 г.
- [79] БДС_EN_22768-2
- [80] Атанасов, Ж., „Абразивна обработка на металите“1979/80 г.
- [81] БДС EN ISO 4287:2006
- [82] В. Анчев, В. Тошков, Л. Василева, Ж. Захаридова, Ж. Калейчева, Й. Николов, Р. Петров, В. Симеонов, Ръководство за лабораторни упражнения по Материалознание, ИК „КИНГ“, 335 стр
- [83] Assoc. Prof. Eng. Ivelin Ivanov, Materials resistance, lecture notes for the specialties HERE and II, 2006.
- [84] Ръководство за работа Универсална машина WdW-300
- [85] Bruker, <https://www.bruker.com/en/products-and-solutions/elemental-analyzers/optical-emission-spectrometers/q2-ion.html>, (последно посетен 01.2022)
- [86] Todor Penchev, I. Altaparmakov, N. Stoimenov, Controlled Impact: Experimental Results in plastic deformation, XXVIII International Scientific Conference of the Faculty of Industrial Technology of TU-Sofia – FIT'2015, Sozopol, Bulgaria, 11-13 September 2015, pp.151-156, ISBN: 978-619-167-178-6
- [87] N. Stoimenov, B. Popov, V. Yosifova, Controlled High-Temperature Sintering of Boron Carbide, 23rd International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2019), MATEC Web Conf. 292 03005 (2019), eISSN: 2261-236X, DOI: 10.1051/mateconf/201929203005
- [88] Stoimenov N., Gyoshev S., Penchev T., Contactless measurement of temperature during cold plastic deformation., Scientific Proceedings, NDT days 2016, Number 1 (187), June 2016, ISSN 1310-3946, pp. 449-450
- [89] Karastoyanov D., Gyoshev S., Penchev T., Altaparmakov I.. Innovative Impact Processes: Machines, Theory, Experiments, Modeling. Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 2016, ISBN:978-954-322-860-7, 111
- [90] Gyoshev S.. Theory of Controlled Impacts. PROBLEMS OF ENGINEERING CYBERNETICS AND ROBOTICS, 67, 2016, ISSN:0204-9848, 11-18
- [91] Penchev T., Karastoyanov D., Gyoshev S., Altaparmakov I., (2016). Monography – Innovative Impact Processes: Machines, Theory, Experiments, Modeling, Academy publishing house, Sofi, ISBN 978-954-322-860-7
- [92] Karastoyanov D., Ivanova D., Stoimenov N., (2015). Technology for production of high-temperature materials and alloys including nano elements., Recent Advances in Systems,19th International Conference on Systems (part of CSCC'15), Zakynthos Island, Greece, July 16-20, pp. 177-181, ISSN: 1790-5117, ISBN: 978-1-61804-321-4.
- [93] Stoimenov N., Karastoyanov D., Vukov A., Neshkov T., Klochkov L., Gyoshev S., (2014).
- [94] Thermographic Study Of Rolls on Roller Batteries., XII International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements., Nis, Serbia, November 12th-14th, pp 25-28, ISBN 978-86-6125-117-7
- [95] Gyoshev S., Penchev T., Karastoyanov D., (2014). Study of parameters of controlled impact by impact deformation of elastic and elastic-plastic materials. 5th European Conference of Mechanical Engineering (ECME' 14), November 22-24, Florence, Italy, p. 113-119, ISBN: 978-960-474-402-2
- [96] Marchecheva Y., Loukaycheva M., Tsonev V., Dimova B., The influence of magnesium alloy AE42 test specimens deformation magnitude on their microstructure, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 878 012065, 2020

- [97] Ruzic J., Stoimenov N., Advanced copper matrix composites, 2016 “Prof. Marin Drinov” Publishing house of Bulgarian Academy of Sciences, ISBN 978-954-322-859
- [98] Paneva M., Klochkov L., Methodology and experimental study of carbon steel in tension for technological preparation of a sample /test tube, XXIX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2020., 29.06-02.07 2020, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department
- [99] <http://www.insize.com/>, (последно посетен 01.2022)
- [100] Markus Grüber, Gerhard Hirt, Investigation of correlation between material properties, process parameters and residual stresses in roller leveling, Procedia Manufacturing, Volume 15, Pages 844-851, ISSN 2351-9789, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.180>, 2018.
- [101] José Lucio Gonçalves, José Daniel Biasoli de Mello, Henara Lillian Costa, Wear in cold rolling milling rolls: A methodological approach, Wear, Volumes 426–427, Part B, Pages 1523-1535, ISSN 0043-1648, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2018.12.005>., 2019.
- [102] Paneva M. and Panev P., MECHANICAL TREATMENT AND ROUGHNESS OF WORKING ROLLS FOR REVERSE MILL FOR COLD ROLLING, XXX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2021., 29.06 ÷ 02.07.2021, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department “Automation of Discrete Production Engineering“ Mechanical Engineering Faculty, Technical University – Sofia, pp. 38-42
- [103] Helpos.com, (2008) THESIS on the topic: "Device for surface treatment of fine - mechanical parts with irregular shape". (last visited April 2021)
- [104] Ruseva Sl., Papazyan K., Atanasov Ass., Petkova St.,(1988) ESKD, Handbook of design documentation, State Publishing House "TECHNIQUE", Sofia
- [105] https://www.hahn-kolb.net/-/DIAVITE-Compact-II/5521CL04_040801020102.cyid/5521.cgid/bg/BG/EUR/ (last visited November 2021)
- [106] J. Alberto, M. Martina, A. N. Schellcd, H. G. Brokmeiercd, R. E. Bolmaro, Comparison of a low carbon steel processed by Cold Rolling (CR) and Asymmetrical Rolling (ASR): Heterogeneity in strain path, texture, microstructure and mechanical properties, Journal of Manufacturing Processes, 64 (2021), Pages 557-575
- [107] M. Zhaoa, L. Huang, Ch. Li, J. Li, P. Li, Evaluation of the deformation behaviors and hot workability of a high-strength low-alloy steel, Materials Science and Engineering: A, 810 (2021), p. 141031
- [108] D.X. Wen, J.K. Wang, K. Wang, Y.B. Xiong, L. Huang, Z.Z. Zheng, J.J. Li, Hot tensile deformation and fracture behaviors of a typical ultrahigh strength steel, Vacuum, 169 (2019), p. 108863
- [109] Acatech (Hrsg.) (2015) Smart Maintenance für Smart Factories Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben acatech POSITION, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg].



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

АВТОРЕФЕРАТ НА ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен “доктор” по научна специалност “Автоматизирани системи за обработка на информация и управление“

ИНОВАТИВНИ МЕТОДИ ЗА ТЕХНОЛОГИЧНА ДИАГНОСТИКА НА АВТОМАТИЧНИ МАШИНИ И ЛИНИИ

Миглена Маринова Панева

Ръководител: Проф. Димитър Карастоянов

Научно жури:

Проф. Любомир Димитров

Проф. Панчо Томов

Проф. Станчо Петков

Проф. Владимир Монов

Доц. Николай Стоименов



**Институт по информационни и
комуникационни технологии**

**Секция „Разпределени информационни и
управляващи системи“**

Обща характеристика на дисертационния труд

Актуалност на проблема:

Основна задача на технологична диагностика е разпознаване на състоянието на техническите системи в условията на ограничена информация. Тази информация постъпва във вид на показания от различни измервателни, регулиращи, сигнални или управляващи устройства, най-често сензори (датчици) за вибрации, температура, налягане и др.

Друго направление на технологичната диагностика са въпросите за търсене и автоматизиран контрол на неизправности. То е свързано с разработване на иновативни методи и средства за наблюдение и контрол, създаване на диагностични тестове, активно тестване, вградени диагностични системи, оценка на способността на системата за контрол и диагностициране.

Обект и област на изследването:

Използваните иновативните методи за диагностига са компютаризирани машини за тестване на якост на опън, спектрален анализ и томограф. Изискването за качество на изходния продукт трябва да бъде във функция от изискванията по БДС и ISO стандартите.

Съдържание на дисертацията:

Дисертационният труд съдържа пет глави, списък на библиография със 163 заглавия. Обемът му е в размер на 153 страници текст, включващ таблици, фигури и формули. Номерацията, фигурите и формулите е запазена в настоящия автореферат.

В ГЛАВА 1 е представена необходимостта от създаване на завода; български и световни производители на метал и тръби; апаратни методи и средства за интелигентно измерване и анализ на поддръжката на производителността на машините.

В ГЛАВА 2 е представен иновативният подход за експлоатация на технологичното оборудване; представени са стандартите и марките стомани, както и произвежданите видове тръби и профили; анализирани са иновативните процедури по контрол на качеството при производство на тънкостенни електрозаварени тръби и профили, както и дефектите, които се получават в процеса на производството.

В ГЛАВА 3 са съставени методики, по които да се използват необходимите уреди; обърнато е внимание на основни функции, влияещи на измерванията. На база на съставените методики се осъществява подготовката на пробно тяло за тестване със спектрален анализ, якост на опън при нисковъглеродна стомана и производството на високоякостна стомана; измерване на грапавост и твърдост, както и измерването на геометрични характеристиките и измерването на геометрични характеристиките с 3D компютърен томограф.

В ГЛАВА 4 са изложени резултатите, постигнати от научни изследвания и изследвания в производството. Направен е анализ на химичните и механичните показатели на нисковъглероден метал при трансформацията му от горещо валцуван

метал в студено валцуван метал, резултати от производство на високоякостна стомана, както и анализ на измервани параметри, осъществени по време на технологичния процес.

В ГЛАВА 5 са представени бъдещите проекти за развитие на ЗППП.

Цел и задачи на дисертационния труд:

В предоставения дисертационен труд се разглеждат проблеми, свързани с технологичната диагностика на автоматични машини и линии. Целта на дисертационния труд е да се изследва напредъка и интегрирането на нови технологии в съвременната диагностика на автоматични машини и линии и да се предложи иновативен подход за създаване на методики за изпитване.

За изпълнение на тази цел ще се решат следните задачи:

1. Да се направи детайлен обзор, анализ и систематизация на подходи и методи за интегриране на интелигентни технологии в техническите диагностични процедури.
2. Да се изследват съществуващи методи и средства за съвременна диагностика на автоматични машини и линии.
3. Да се изследва влиянието на ИКТ върху методите за техническа диагностика.
4. Да бъдат предложени и обосновани иновативни методики за диагностика на автоматични машини и линии.
5. Да се проведат експерименти и симулации на различни методики в индустриална среда.
6. Получените резултати да бъдат анализирани.

Апробация на резултатите

Резултати, включени в дисертацията, са докладвани на: международна конференция в чужбина: 8th, 10th Mechanical Technologies and Structural Materials, Split, Croatia, 2018, 2021, видима в SCOPUS; ISSN 1847-7917 и др.

Част от резултатите са представени на следните конференции: XXIX, XXX, XXXI МНТК Автоматизация на дискретното производство „АДП” Юни, Созопол 2019г., 2020г., 2021г.; в списание „Проблеми на техническата кибернетика и роботиката“; V, VI International Scientific Conference, winter session, Industry 4.0, 2020 г., 2021 г.

Списък с публикациите по дисертацията

1. **Панева М.**, Research of Mechanical Characteristics in Tensile Tests of Low Carbon Steel Samples During Transformation from Hot Rolled to Cold Rolled Sheet Metal Method for testing the grinding media in mills, 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN: 1847-7917, pp. 153-158 [SCOPUS Visible](#)
2. **Панева М.**, Обзор и анализ на машини за тестване на якост опън, натиск и огъване, International Conference Robotics, Automation and Mechatronics'18 RAM 2018, Bankya, Bulgaria, 2018., ISSN 1314-4634, стр. 34-41.
3. **М. Панева**, N. Stoimenov, Hardness Of Working Rolls For Cold Rolling Mill, 8th International Conference, ICAT'19 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, August 26-30, E-ISBN: 978-605-68537-4-6, 2019 pp. 203-206
4. **Панева М.**, Linear Plastic Deformation of Solid Body, Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, vol. 71, „Prof. Marin Drinov“ Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 2019, Sofia, ISSN 0204-9848, pp.35-48
5. **Панева М.**, Method for technological preparation of a sample /test tube, XXIX International Scientific and Technical Conference, XXIX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2020., 29.06-02.07 2020, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department “Automation of Discrete Production Engineering“ Mechanical Engineering Faculty, Technical University – Sofia, pp. 52-55
6. **Панева М.**, Panev P., Klochkov L. and Karastoyanov D., Analysis of defects obtained in the production of steel and steel products, VI International Scientific Conference Winter Session, 08-11 December 2021, Borovets, Bulgaria., Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry – 4.0, ISSN: 2535-0153, стр. 230-232
7. **Панева М.**, Panev P. and Klochkov L., Methodology for analysis of a metal test body using a spectrometer, VI International Scientific Conference Winter Session “Industry 4.0”, 08-11 December 2021, Borovets, Bulgaria., Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry – 4.0, ISSN: 2535-0153, стр. 233-235

Полезен модел

8. Стоименов Н., **Панева М.**, Панев П., Държач за пробни тела, Полезен модел на Република България, рег. № 3892 U1/ 23.09.2020 г.

Глава 1

ОБЗОР, АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НА МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ТЕХНОЛОГИЧНА ДИАГНОСТИКА НА АВТОМАТИЧНИ МАШИНИ И ЛИНИИ

1.1. Историческа справка

С развитието на науката и внедряването на иновациите се осигурява икономически растеж, висока производителност, опазване на околната среда, решаване на социални и управленчески проблеми. Осигурява се високо качество на произвеждания продукт.

Тези предпоставки дават възможност през 1995 г. за създаване на ЗПТМК (Завод за производство на тръбна мебел и компоненти), съвместно с компания „ИКЕА“ - Швеция. Договорено е съвместно реализиран производство на компоненти от детайли, възли и монтаж на съвременни и луксозни мебели от метал.

С течение на времето, за подобряване условията на работа, възниква необходимостта от организиране на собствено производство на тънкостенни електрозаварени профили и тръби от студено валцувани стомани (СВС).

Подтиквани от затваряне на целия производствен цикъл и премахване влиянието на външните дистрибутори, доставчици на готови профили, съвместното ръководство взема решение да създаде и организира дъщерна фирма ЗПП (Завод за производство на тръби и профили).

Създаването на новият завод е съобразено изцяло с тенденциите за дигитално развитие „Индустрия 4.0“ и внедряване на компонентите на кибер-физичните системи: интелигентни машини, вградени саморегулиращи се системи, хардуер, софтуер и др. уникално адресирани обекти и мрежи, които интелигентно взаимодействат помежду си за постигане на поставената цел (Фиг. 1.1), [162, 163].



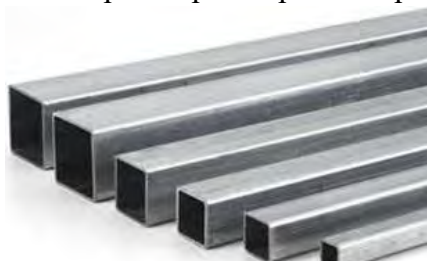
Фиг. 1.1. Структура на Интернет на нещата

Произвеждани продукти:

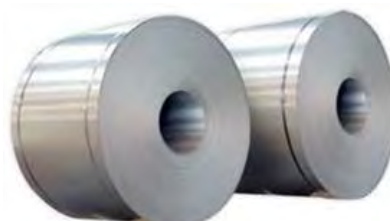
- Горещо валцувани тесни ленти
- Горещо валцувани байцвани тесни ленти
- Горещо валцувани байцвани прецизни тръби и профили
- Студено валцувани ленти и рулони (Фиг. 1.5.)
- Студено валцувани електрозаварени тръби и профили (Фиг. 1.3. и Фиг. 1.4.)



Фиг.1.3. Стоманени тръби



Фиг.1.4. Стоманени профили



Фиг. 1.5. Стоманени рулони

1.2. Производители на тръби и профили

Всички разгледани компании- всетовни и български производители са дългогодишни производители на тръбни и профили по различни технологии, както и производство на разкроени шрипсове и листи. Обърнато е внимание на използваните входни суровини и технологията на преработка на метала. Всичката произведена продукция на фирмите е унифицирана и стандартифицирана съгласно ISO 9001. Разработваните продукти са с високо качество, със стремеж да се сведе до минимум риска за техните клиенти, намаляване на разходите, увеличаване на гъвкавостта и намаляване времето за пускане на пазара.

1.2.1. *Компания (фирма, корпорация) „FERROPIPE” - Мумбай, Индия*

1.2.2. *„ОМЕГА“ ООД*

1.2.3. *Фирма Хъс ООД*

1.2.4. *Фирма „Мегaprofil“ (“MEGAPROFIL”)*

1.2.5. *Компанията „Стийлимпекс“*

1.3. Производители на метал

1.3.1. *Компанията „АрселорМитал“*

1.3.2. *Магнитогорски металургичен комбинат*

1.3.3. *Запорожстал*

1.4. Апаратни методи и инструменти за интелигентно измерване

1.4.1. *Видове операции и машини за щанцоване*

Чрез щанцоването (Фиг.1.11; 1.12) се подготвят металните образци за тестване на якост на опън [22, 23, 24, 25].

Една от най-използваните машини за щанцоване се нарича преса и може да се състои от една или няколко сменяеми матрици. Щанцоването се извършва с различни преси (щанци), които имат сложна конструкция и се делят на следните категории:

- В зависимост от операцията: щанци за рязане, дълбоко изтегляне, огъване и други;



Фиг. 1.11. Хидравлична преса



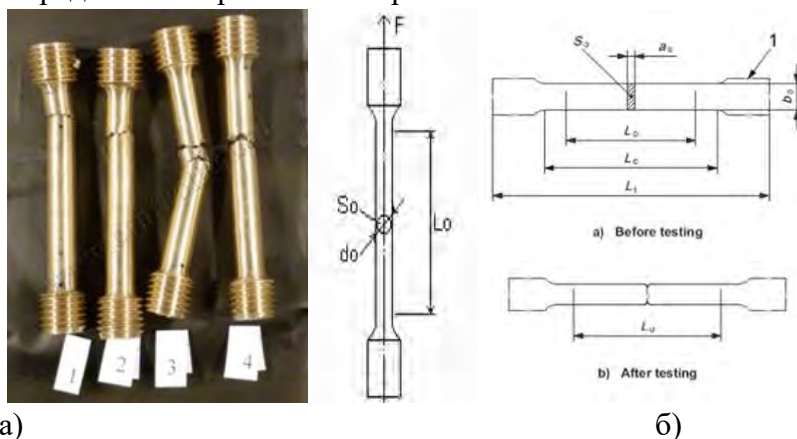
Фиг.1.12. Щанца [26]

- В зависимост от заготовката, която произвеждат - единични или сдвоени щанци, за ивици, за ленти и други;
- В зависимост от принципа на действие - комбинирани или с просто действие;
- В зависимост от конструктивните принципи - еднопозиционни, многопозиционни и т. н.

1.4.2. *Машины за тестване на якост, опън, натиск и огъване*

1.4.2.1. Стандартни методи за изпитване

С изпитванията на якост се извлича информация за определени механични свойства на материалите, важни за по-нататъшното им използване при изработването на различни детайли, машини и съоръжения. Тъй като тестовете завършват най-често с разрушаване, нормално е при тях да се работи с пробни тела, а не с готовата продукция. На фиг. 1.13 са представени пробни тела при якост на опън.



Фиг. 1.13. Образци за якост на опън: а) тръба; б) плоско тяло с правоъгълно сечение

6. Универсална машина за якост на опън WDW-300, показана на фиг. 1.16.

Максималния капацитет на товара е 300 kN, като измерителният обхват е от 1.2 kN ~ 300 kN. Точността на товара е $\pm 0.5\%$; Обхвата на скоростта е от 0.005 mm/min ~ 500mm/min безстепенно. Работа при околна температура от 10 ~ 35° C и относителна влажност $\leq 80\%$ [32]. Максималното движение на опън е 600 mm, максимално движение на натиск – 600 mm, широчина на тест област: 600 mm и максимално движение на плъзгача: 1350mm;

➤ Приложение и обхват:

Конструирана е за изпитване на опън, прегъване, натиск и т.н. Използва се за анализиране на механични свойства на метал и неметал. Подходяща е за използване в научни и изследователски институти, колежи и университети, центрове за контролиране на качеството и контрол на стоките.



Фиг. 1.16. Универсална машина за якост на опън WDW-300

Операционният принцип на двигателя на машината работи с хидравлично задвижване с приспособления за опън за плоска челюст от $0 \div 21$ mm и с кръгла челюст от $9 \div 26$ mm. Машината има и механично задвижване за приспособления за опън за плоска челюст от $21 \div 30$ mm и с кръгла челюст от $26 \div 40$ mm.

1.4.3. Избор на спектрални апарати

Спектралният анализ позволява да се създаде разновидност на елементния анализ — атомният спектрален анализ, с който може количествено да се определя съдържанието на различни елементи в проба от веществото чрез разлагането им до атоми или йони в пламъка или в електрическата дъга. Спектралният анализ е съвкупност от физични методи за количествено и качествено определяне на състава на веществата чрез изследване на техните спектри. Съотношението между състава на дадено вещество и електромагнитния спектър, излъчен или погълнат от него, позволява спектралният анализ да се използва като чувствителен, относително лесен и бърз метод в научните изследвания, в промишлеността и други области

1.4.4. Механични средства за измерване

Механичните системи за измерване и контрол на физични величини са най-масово използвани системи в индустрията. Те обхващат механичният принцип на възприемане и преобразуване на измерваната величина, както на външни, така и на вътрешни повърхнини от шублерни уреди (фиг. 1.22), микрометрични измервателни уреди (Фиг. 1.23), измервателни глави и стойки и т.н. [37].



Фиг. 1.22. Електронен шублер INSIZE [38]

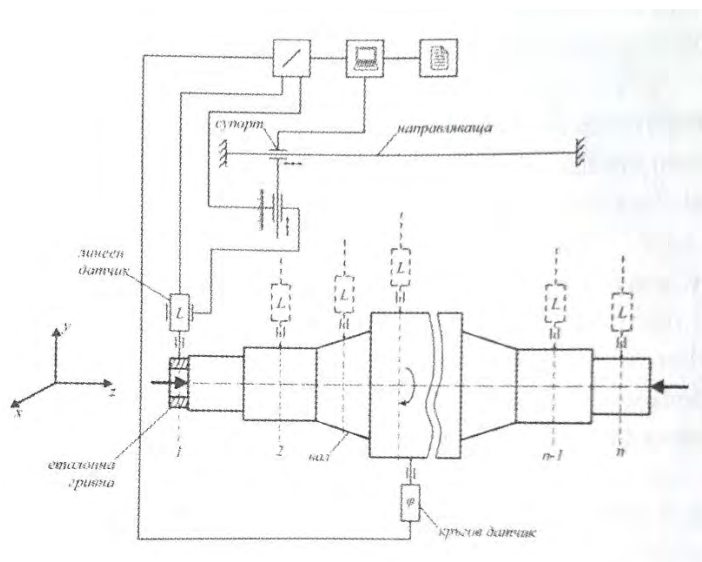


Фиг. 1.23. Микрометър

1.4.5. Измерване и контрол на физични величини

Проф. Хр. Радев с три различни колектива, предлагат и разглеждат три методики за измерване и контрол на физически величини [40, 41, 42].

В първата [40] публикация колективът разработва оригинален метод за измерване диаметрите на отговорни ротационни повърхнини на голямо габаритни валове. В описанието на метода се предлага принципна схема на измерването (Фиг. 1.26) [41], [42].



Фиг. 1.26. Схема на измерване на диаметри при базиране на вала на центрите на металорежеща машина

1.4.6. 3D компютърна томография

3D скенерът (компютърната томография) е неинвазивна процедура, при която се използва специален рентгенов апарат, свързан с компютър, който създава множество изображения на част от тялото, която е необходимо да бъде изследвана. На базата на тези изображения компютърът синтезира триизмерен модел на заснетите структури.

3D компютърната томография намира голямо приложение и в анализа на различни материали. За анализа на линейните величини ширина и дебелина се използва 3D индустриален компютърен томограф Nikon XT H 225 (фиг. 1.29) [43, 44].



Фиг. 1.29. 3D индустриален компютърен томограф Nikon XT H 225

Компютърната томография (СТ) осигурява висока точност и има способността да изследва вътрешни и външни размери на предоставените образци (проби, заготовки). Освен това осигурява допълнителен поглед на вътрешната микроструктурата на изследвания обект, като го изследва за нехомогенност.

1.4.7. Видове принтери за 3D печатане на елементи

3D печатането е метод за създаване на прототипи и е един от най-бързите и най-достъпни начин за създаване на потребителски стоки по поръчка [45, 46, 47].

Има няколко различни метода за 3D печат, но най-широко използваните са два процеса: единият е известен като моделиране на стопено отлагане (FDM), а другият е стереолитография (SLA).

Кога да се използва FDM принтер:

1. Бързо прототипиране
2. Изграждане на евтини модели
3. Страхотно за любители и производители
4. Когато прецизността и покритието на повърхността не са от решаващо значение
5. обикновените FDM принтери могат да печатат само с височина на слоя от 100 до 300 микрона.

Кога да се използва SLA принтер:

1. Когато сложните детайли и/или много гладката повърхност са от решаващо значение
2. Когато здравината и издръжливостта на модела не са от решаващо значение (моделите, направени от смола, могат да пострадат, когато са изложени на слънце за продължителни периоди)
3. За създаване на форми за леене за улесняване на масовото производство (например от производители на бижута или играчки)
4. SLA принтерът може да печата с височина на слоя от 25 до 100 микрона.

1.5. Анализ на поддръжката и повишаване на производителността на машините

1.5.1. Опити на Япония- Корпорации Тошиба и Сайко

Тошиба провежда 3 кампании [48]:

1. Подобряване
 - Маркетинг
 - Продажби
 - Развитие на технологичната производителност
 - Производствени възможности, поддръжка
 - Иновативна продукция
 - Кадрите- обучение
- 1.1. Кампания, софтуерна технология и отлични продукти
 - Технология за създаване на високо рентабилна организация на работа (стратегия програми, управление на производството, Усъвършенстване на средствата за производство (иновация).

1.2. Кампания- повишаване на производителността. Да се създаде високо-чувствителна продукто-ориентирана общност със светкавично бързи реакции. Изграждане на система за планиране, разработка на продукти, реагиране на пазарите, доставки и разпределение, бърза реакция. Да се поддържа диалог с пазарите. Минимизиране времето за внедряване.

1.3. Иновация в продажбите и маркетинга

Цялостна система за поддържане производителността на машините- (ППМ, ТРМ) (корпорация „INAX”- завод „Цикуба“)

- Постигане на максимална ефективност на машините в резултат на пълно разгръщане на човешките ценности и активно участие на всички членове на работния колектив. Поддръжката се извършва от операторите. Внедряването на ППМ трябва да се промени начина, по които работниците са мислели и действали досега.
- Ежедневно технологично обслужване на машините (смазване, почистване, притягане и проверка). Машините имат явни признаци на бързо износване в т.ч. празни ходове, луфтове, замърсеност, изтичане на масло и др. Ръководството трябва твърдо да приложи ППМ

1.5.2. Оптимална производителност на автоматичната техника

Стремежа на всяка фирма е да постигне оптималната производителност на машините с цел да се постигне по-голяма производителност и по-малко разходи. Но тук вече се наместват: Да се произвежда по-добро качество, повишаване безопасността на работа, опазване на околната среда, необходимост от по-висок морал.

Състоянието на оборудването (АМ и АЛ, А на целия технологичен процес и операции) определя производството, качеството, доставките, безопасността и морала. Целта е да се стремим към оптимални стойности.

Не може да се говори за ефективно използване на машините ако те внезапно и непрекъснато се повреждат. Това нарушаване на производствения процес води до ниска производителност, влошаване на качеството на произвежданата продукция и увеличаване на брака. Следователно целта е да се осигуряват иновативни методи за технологична диагностика на автоматични машини и линии като се спазват факторите, предствени във Фиг. 1.32 .



Фиг. 1.32. Модел на факторите, влияещи на качествено производството

Задължението на фирмата е да създава иновативни методи за технологичната диагностика на АМ и Л, осигуряваща възможно най-доброто състояние и оптимална производителност, придружена с качество на произвежданата продукция.

1.6. Заключение:

В настоящата глава е направен обзор и анализ на различни производители на ГВ и СВ метал и български и чуждестранни производители на тръби. Представени са различни типове машини за щанцоване на детайли (пробни тела), за тестване за якост на опън, натиск и огъване, спектралния анализ на материали, механични измервателни средства и как се измерват физични величини. Основното предназначение на машините за якост на опън е анализирането на различни типове материали. Те се използват за анализ на метала през различните етапи на производството при преработката на горещо валцуван в студено валцуван нисковъглероден метал. Разделят се на три типа: тестване при висока температура, при ниска температура и при стайна температура. Разгледан е иновативният метод за анализ чрез компютърна томография и видовете принтиращи устройства чрез SLA и FDM. Разгледани са модели на управление на фирмите Цикуба и INAX за анализ на поддръжката и повишаване на производителността на машините, връзката между ППМ, поддържането на висока производителност и профилактичната поддръжка, както и оптималната производителност на автоматичната техника.

Глава 2

ИНОВАТИВЕН ПОДХОД НА ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧНО ОБОРУДВАНЕ

За проследяване на иновативният подход за използване, внедряване и експлоатация на технологии и технологично оборудване се създава регламент, проследяващ производството на тънкостенни електро-заварени затворени профили от студено валцувани стомани (СВС) [57, 58] в Завод за производство на тръби и профили (ЗПТП) дъщерно предприятие на Завод за производство на тръбни мебели и компоненти (ЗПТМК), съвместно с компания ИКЕА.

Използваният подход има за цел да проследи последователно стъпка по стъпка внедрените иновативни технологии и техническо оборудване, реализиращи особено трудното съчетаване при автоматизирането на непрекъснатите и дискретни, основни и спомагателни процеси и операции, осигуряващи и постигащи високи технико-икономически показатели с осигурен цялостен контрол на материали, оборудване, работна сила, риск, запазване на околната среда и т.н.

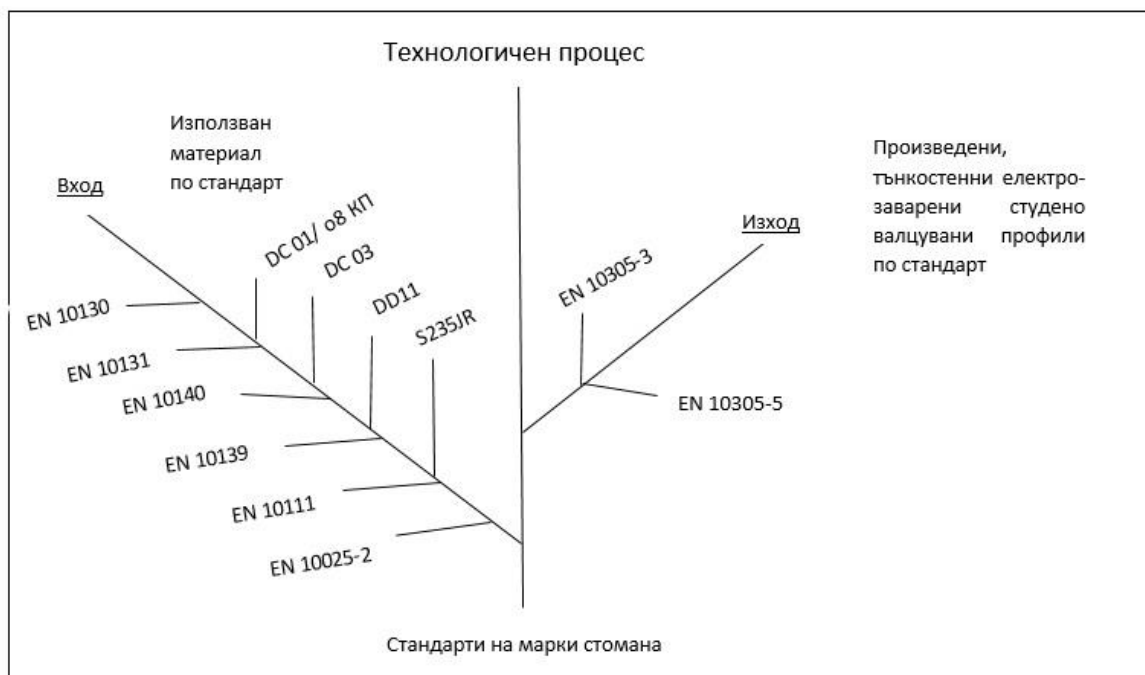
2.1.2. Използвани марки стомана

Суровината, която се обработва в завода са горещо валцувани рулони (ГВР) [61-65] и студено валцувани рулони (СВР). Теглото на рулоните варират между 7-14 тона и ширини 1010, 1105 и 1135 mm. Доставят се с товарни камиони, разтоварват се с мотокар (16 Т) или с кран (20Т). ГВР в повечето случаи се разкрояват на две половини надлъжно и тогава се насочват за изпълнение на технологичния процес травлене (байцване) на непрекъснат травилен агрегат (НТА). Но понякога, когато рулоните са твърде големи, те

се разкрояват на 4 части- надлъжно и напречно до достигане на подходящите параметри за ширина до 600 mm и тегло до 6,2 МТ на последващото технологично оборудване. СВР се разкрояват (разфасоват) директно на щрипсове по поръчката за съответният размер профили тръби.

На Фиг. 2.1. са показани необходимите използвани стомани, осигуряващи производството на профили от тънкостенни студено валцувани електро-заварени стомани, отговарящи на стандартите по БДС, DIN, ЕО, EN, ІКЕА.

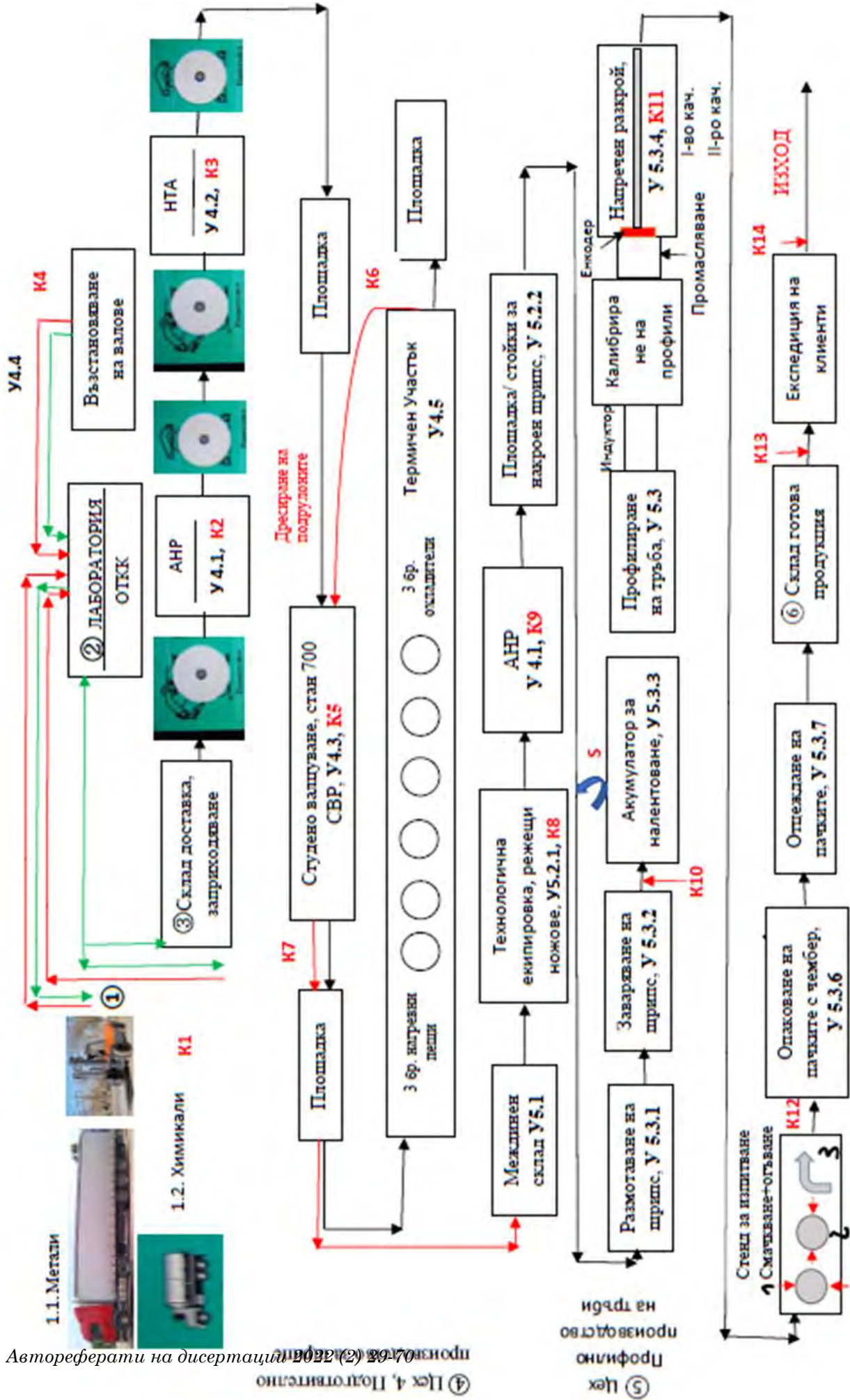
Всички ГВР, СВР, подрулони и щрипсове се връзват (опаковат) с чембер лента, осигуряващи ги против развързване (саморазмотаване). Логистиката в завода от цех в цех, от агрегат до агрегат се извършва от мотокар или от кран.



Фиг. 2.1. Използвани марки стомана и съответстващи стандарти

2.2. Експлоатация на иновативни технологии и технологично оборудване

На Фиг. 2.2. е показана схема на внедрени иновативни технологии, осигуряващи иновативното оборудване за производство на тънкостенни електро-заварени затворени профили от СВС, осигуряващи преди всичко собственото производство на тръбна мебел и за външни клиенти. Едновременно с проследяване на управлението, производството, контрола по качеството стъпка по стъпка се внедрява и цифровизацията на „стегнатото производство“.



Фиг. 2.2 Схема на иновативни технологии и технологично оборудване

2.4.Подход за контрол на качеството на щрипс

Подходът последователно проследява и анализира операционният контрол при технологичната реализация при производството на щрипс от СВР или ГВР. Този разкроен по стандарт лентов щрипс е основа за профилиране и калиброване на тръби и профили в пренастройваеми автоматични тръбни линии на продукта тънкостенни електрозаварени затворени профили.

Данните се въвеждат в IT компютърната система на сървъра, от където всеки ръководител и заинтересован може да следи състоянието на дадена поръчка-времетраенето и операциите, през които е преминал метала. Създадена е система за управление на качеството (СУК), която предстои да се сертифицира по ISO 9001. Прилагането на тази процедура има за цел да осигури постоянната актуалност, адекватност и ефикасност на СУК, включително на политиката и целите по качеството, да гарантира непрекъснатото и подобряване. С цел обсъждане на текущи задачи, проблеми, проекти и разработки могат да се провеждат събрания ежедневно, ежеседмично или ежемесечно под формата на оперативки между отделните звена в Организацията.

Таблица 2.11. Процедури по контрол на качеството

Изпълнители	№ поред	Вход на ЗПТП Процедури по контрол на качеството	Придружаващи документи, дейности и анализи на входящи с вътрешен контрол на качеството
1	2	3	4
Доставчик/ фирма, началник склад, мениджър ТО, мениджър МТС	1	<pre> graph TD A[Ниско въглеродна стомана: СВР или ГВР] --> B[Обезпечаване на входящият контрол, измерване на механичните параметри Rm, Re, A30] B --> C[Съставяне на протоколи предавателно-приемателни, анализ на резултатите, получени от входящият контрол] C --> D[Заприходяване на доставените рудони] D --> E((1)) </pre>	Товарителница, приемо-предавателен протокол, Сертификат за качество
Лаборатория/ лаборант+мениджър ОТКК, началник склад	2		Органолептична оценка на повърхнината, проверка на теглото и размерите, вписване в „Дневник на входящия контрол“.
Н-к склад, лаборант, мениджър ОТКК	3		Завеждане на входящите документи, записване на резултатите от обезпеченият входящ контрол Доказване на качество на СВР и ГВР.
Н-к склад	4		Данните се вкарват в IT системата на завода, цифровизация със сървъра на ЗПТП

Отдел поръчки, мениджър поръчки	5	<p style="text-align: center;">①</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;"> Заявка на поръчки: - За собствено производство - За външни поръчки График за изпълнение </div>	Мениджъра по поръчките да разпредели ГВР и СВР за кои поръчки са: Мениджърит поръчки съставя графил за изпълнение.
Зам. Управител, началник цехове, р-л лаборатория	6	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;"> Заповед за нареждане на вътрешни и външни поръчки </div>	Създаване на заповед за нареждане за изпълнение на поръчките по цехове, технологични и конструктивни отдели, счетоводство
Ръководител ТО, Ръководител КО, н-к цех, старши оператор	7	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;"> Технологичен отдел Конструктивен отдел </div>	1.Мениджър ТО разработва технологичния процес 2.Мениджър КО подготвя технологичната екипировка 3.Съставяне на схеми за преработка с минимален брак 4.Попълване на технологичен картон
Н-к цех ППТ, Н-к участък 5.2, старши оператор, оператори	8	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;"> Агрегат за надлъжно и напречно разкрояване на ГВР и СВР на подрулони за щрипс. ⑤Цех ППТ, Участък 5.2 </div>	Получаване нареждане с всички заявки и заповеди, режими на работа, попълване на карти за използван % материал от рулоните и %брак
Лаборатория-лаборант, ОТТК мениджър	9	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: fit-content;"> Оценяване качеството от разкрояване на подрулоните от ГВР </div> <p style="text-align: center;">②</p>	Лаборанта и мениджъра оценяват подрулоните от ГВР или СВР

<p>Н-к ④ ЦППЩ, Н-к У4.2, старши оператор, химик, лаборант</p>	<p>10</p>		<p>Н-к У4.2 организира и определя избора на техн. режим и поставя срок за изпълнение. Попълва се технологичен картон и КК</p>
<p>Лаборант, химик, мениджър ОТКК, н-к цех 4, н-к У 4.2, старши оператор</p>	<p>11</p>		<p>Химика непрекъснато следи химичния процес, а лаборанта прави анализи на киселината и промивните вани. Качествен контрол, органолептична оценка.</p>
<p>Н-к ④ ЦППЩ, Н-к У4.3, старши оператор, лаборант, менижър ОТКК</p>	<p>12</p>		<p>Определя се технологичен режим от н-к ЦППЩ. Попълват се ТК и КК от старши оператора</p>
<p>Н-к ④ ЦППЩ, Н-к У4.3, У4.4 старши оператор, менижър ОТКК, лаборант</p>	<p>13</p>		<p>Началник цех измерва стойностите на Ra и T и прави оценка дали двата параметъра съответстват на стандартите и на клиентската поръчка. При несъответствия се предприемат действия по пренасочване или коригиране ако е възможно</p>
<p>Ръководител Л-рия, мениджър ТО, н-к цех 4, н-к У4.5, старши оператор</p>	<p>14</p>		<p>Определяне на техн. процес, съгласно химичния състав, приложената деформация, изискванията на клиента и стандарта, попълване на ТК и КК</p>
<p>Ръководител Л-рия, мениджър ТО, н-к цех 4, н-к У4.5, старши оператор</p>	<p>15</p>		<p>Р-л лаб. изготвя по минимум 3 бр. проби от началото и края на подрулона. Измерване на параметрите и попълване на резултати в КК. При несъответствие се повтаря терм. обраб.</p>
<p>Ръководител Л-рия, мениджър ТО, н-к цех 4, н-к У4.5, старши оператор</p>	<p>16</p>		<p>Р-л лаб. изготвя по минимум 3 бр. проби от началото и края на подрулона. Измерване на параметрите и попълване на резултати в КК. При несъответствие се повтаря терм. обраб.</p>

<p>Ръководител линия, мениджър ОТКК, н-к цех 4, н-к У4.3, старши оператор</p>	17		<p>Н-к отдел 4 и страши технолог изготвят програма за дресине. Попълва се ТК и КК на дресираните подрулони. Измерват се механичните показатели и се попълват в Дневник. Анализират се данните дали отговарят на зададеният стандарт.</p>
<p>Ръководител линия, мениджър ОТКК, н-к цех 4, н-к У4.3, У-к 5.1, старши оператор</p>	18		<p>Попълване на карта за контрол на качеството</p>
<p>Н-к цех 5, н-к У-к 5.2, У-к 5.2.1, ст. Оператор</p>	19 20		<p>Избор на настройка, според заданието и поставяне на срок в зависимост от производствения план. Опис на накрояния шрипс в ТК и КК</p>
<p>Контрольор ОТКК Н-к цех 5, н-к У-к 5.2, ст. Оператор,</p>	21		<p>Контрольор ОТКК измерва ширините на шрипсовете и дава оценка за качеството на краищата</p>
<p>Зам. Управител, Цех 5 ЦПП, н-к У-к 5.1, н-к У-к 5.3, контрольор ОТКК,</p>	22		<p>Измерват се теглото на получените шрипси и се етикетират с размер, тегло, дата, смяна.</p>
<p>Зам. Управител, Цех 5 ЦПП, н-к У-к 5.1, н-к У-к 5.3, контрольор ОТКК</p>	23		<p>Шрипсът за всяка линия се доставя, посредством мотокар от У-к 5.1 и се прави настройка в зависимост от клиентската поръчка за вида тръба или профил</p>

<p>Цех 5 ЦПП, н-к У-к 5.3.1, У-к 5.3.2, У-к 5.3.3, контролър ОТКК, старши оператор, оператори, технолог, настройчик</p>	<p>24</p>	<p>④</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Настройка на Автоматични тръбни линии:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Смако 2. Елмаксан 3. Олимпия 80 4. Даниели </div>	<p>Прави се настройка на диаметра на тръбата, профила, профилиране и калибриране, праволинейност, дължина,</p>
<p>Н-к У-к 5.3.2, У-к 5.3.3, старши оператор, заварчик, контролър,</p>	<p>25</p>	<p>Налентоване на шрипса в АТЛ</p> <p>Челно заваряване на отделните шрипси</p>	<p>Описват се номерата и теглото на вложените ленти шрипс, за проследяване качеството на произведените тръби.</p>
<p>Н-к У-к 5.3.2, У-к 5.3.3, старши оператор, заварчик, контролър, лаборант, Н-к склад готова продукция, експедитор</p>	<p>26</p>	<p>Окачествяване на произведените тръби</p> <p>Опаковане с чембер в пачки</p> <p>Складиране на готовата продукция</p> <p>Експедиция</p>	<p>Прави се органолептична оценка на качеството на тръбите, измерват се с микрометър, шублер, ъгломер, рулетка геометричните характеристики на продукта, смачкване, огъване, механични характеристики; следи се температурата на оглаждащата течност и нехната концентрация на всеки 2 часа. Повторен оглед за качество при окончателната експедиция. Попълва се ТК и КК на изработената продукция и отделните 2-ро качество и брак.</p>

Съотношението на доставения ГВ към СВ метал е 95% към 5%, като ГВ се разделя на 2 групи: за производство на тръби и за щанцоване в съотношение 77% към 18%, Фиг. 2.8.

Произведената продукция от тръби и профили е предназначена за експедиция към основната фирма ЗПТМ и външни клиенти- износ в съотношение 70% на 30%, Фиг.2.9.

2.5. Анализ на дефектите

- 2.5.1. Дефекти, получени при производството/ леенето на стомана
- 2.5.2. Дефекти, причинени при производството на полуфабрикатите горещо валцувани рулони
- 2.5.3. Дефекти, причинени при производството на полуфабрикатите студено валцувани рулони
- 2.5.4. Дефекти, възникващи по време на производството на тръби и контрол на качеството
- 2.5.5.

2.6. Заключение:

В Глава 2 са представени произвежданите тръби и профили, използваните марки стомана и съответстващите стандарти. Представена е схематично и чрез описание експлоатацията на иновативни технологии и технологично оборудване, като са описани всички звена в завода, както и какво се следи за контрола на качеството: нетрекъснат трайлен агрегат, едноклетков валцов стан 700, термичен участък, агрегат за надлъжен и напречен разкрой, автоматични тръбни линии, промасляваща станция, отдел конструктор и производство на инструменти. Предложен е подход за технологична реализация, който обхваща стъпки на производствени и спомагателни процеси, операции и контрол за количествено и качествено установяване, документиране и представяне на готовата продукция на склада. Описани са факторите за контрол на качеството. Внедрява се система по управление на качеството чрез цифровизация на оперативните документи. Описани са дефектите, които възникват от производството на стомана до производството на тръби и профили.

Глава 3

СЪЗДАВАНЕ НА МЕТОДИКИ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ИНТЕЛИГЕНТНО ИЗСЛЕДВАНЕ

Съставянето на методика е изключително важно за провеждане на изследвания. Повторяемостта при методиките и последователността на действията и процесите се гарантира унифицираност в получените резултати. Необходимо е да бъде обърнато внимание на редица фактори за различните изследвания.

За производството на тънкостенни тръби от студено валцувана стомана за тръбна мебел и други изделия се използват редица технологични процеси и операции, реализирани на иновативни автоматични машини, автоматични линии и агрегати, съоръжени с необходимата технологична екипировка и съвременното им цифрово управление. Това налага да се състави методология за интелигентно измерване на производството им, която включва 13 методики:

1. Метод за технологична подготовка на образец/ епруветка
2. Съставяне на методика за тестване на образец (пробно тяло) за изпитване на якост на опън
3. Съставяне на методика за тестване на линейна пластична деформация на твърдо тяло
4. Създаване на методика и експериментално изследване на въглеродна стомана при опън

5. Методика за подготовка и провеждане на спектрален анализ на метално пробно тяло
6. Съставяне на методика за проследяване механичните характеристики при изпитване на опън на пробни тела на нисковъглеродна стомана при трансформацията ѝ от горещо валцувана в студено валцувана ламарина
7. Съставяне на методика за иновативно производство на високоякостна студено валцувана стомана за прецизни електрозаварени тръби
8. Съставяне на методика за иновативно измерване на геометричните характеристики на метално пробно тяло чрез 3D компютърен томограф
9. Проектиране на нов тип иновативен държач на пробно тяло/ образец с правоъгълно сечение за 3D компютърният томограф
10. Съставяне методика за анализиране характеристиките на пробно тяло преди заточване на щанца
11. Съставяне на методика за изследване твърдостта на работни валове на стан за студено валцуване
12. Съставяне на методика за механична обработка и грапавост на работните валове за реверсивен стан за студено валцуване
13. Съставяне на методика за тестване грапавостта на нисковъглеродна стомана след студено валцуване на реверсивен стан 700

Заклучение:

Съставени са 13 броя методики, които са в помощ на проведените експерименти в Глава 4. Стриктното спазване на методиките може да допринесе за по-точни резултати и интелигентно изследване. Извършването на експерименти по методиките водят до намаляване на брака при производство на тръби и профили.

ГЛАВА 4

ОПИТНИ РЕЗУЛТАТИ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧНА ДИАГНОСТИКА НА АВТОМАТИЧНИ МАШИНИ И ЛИНИИ

4.1. ТЕХНОЛОГИЧНА ПОДГОТОВКА НА ОБРАЗЕЦ/ ПРОБНО ТЯЛО

Пробните тела, наричани още епруветки се подготвят по стандарт, Част 1: Метод за изпитване при стайна температура BDS EN ISO 6892-1.

4.1.1. Форма

Обикновено тестваните образци трябва да имат уширения в двата си края на паралелната дължина, които се захващат за челюстите на машината за якост на опън. Другата причина на тези уширения е да се избегне скъсването на пробата в участъка на захващане с челюстите на машината за изпитване. Паралелната дължина L_c трябва да бъде свързана с краищата на пробното тяло с помощта на криви на преход с радиус от най-малко 20 mm. Ширината на тези краища трябва да бъде $\geq 1,2 b_0$, където b_0 е оригиналната ширина.

4.1.2. Размери на пробно тяло

Размерите на пробното тяло се определят от Таблица 4.1, а допуските се съобразяват според Таблица 4.2. В нашият случай ние сме избрали тип на пробно тяло № 2 с ширина 20 ± 1 mm.

Полученото пробно тяло е със следните размери:

b_0 - 20 mm, ширина на уширенията 30 mm;

L_c - 120 mm;

L_0 - 80 mm;

L_t - 180 mm.

4.2. ИЗБОР НА ТЕХНИЧЕСКО ОБОРУДВАНЕ

4.2.1. Машина за тестване на якост на опън

Всички механични тестове на металните образци по време на различните етапи на обработката се извършват с универсална електромеханична тестова машина WDW-300 (представена в глава 1). Серията WDW от контролирана с микрочип електронна универсална машина за тестване е предназначена главно за опън, компресия, огъване, срязване, обелване, разкъсване, абразия върху метал, гума, пластмаса, влакна, кожа, плитка, тел, кабел, строителни материали, дърво за проверка техните механични характеристики.

Максималното натоварване на опън е 300kN, точността на натоварване е 0,5%. Оборудването може да тества плоски образци от 0 до 20 mm и кръгли образци от 6 до 60 mm. Челюстните глави с обхват до 20 mm работят с хидравлика, а челюстните глави по-големи от 20 mm се затварят ръчно. Скоростта може да бъде от 0,005 mm/min до 500 mm/min.

4.2.2. Машина за спектрален анализ

Другото използвано устройство за контрол на качеството е BRUKER Q2 ION OES метален анализатор [128, 129]. Спектрометърът Q2 ION извършва металния анализ за 30 секунди. Работи с аргон. Това е универсална многоматрична система за цялостна проверка и качество на входящия материал на метални сплави. Основните му приложения и металните матрици включват мед, алуминий и желязо при по-малки лярни, инспекционни фирми, рециклиране на метали и производители на метали.

4.3. ПОДГОТОВКА НА ПРОБНО ТЯЛО/ ОБРАЗЕЦ ЗА ЩАНЦОВАНЕ

Пресата, която се използва за щанцоване е хидравлична с единична шанца за рязане с просто действие със заготовка. Отворът на шанцата за поставяне на заготовка е с размери $V \times Ш$ - 300x40 mm. Щанцата е с гилотинни ножове и след дълга употреба по повърхността на пробното тяло има ръбче, което трябва да се зачисти или ножовете на матрицата да се заточат. Второто е препоръчително. За да се направи коректна проба за якост на опън - листа ламарина, който се използва трябва да е по посока на валцуване.

4.4. ПОДГОТОВКА ПРИ ОРАЗМЕРЯВАНЕ И ЛИНЕЙНА ПЛАСТИЧНА ДЕФОРМАЦИЯ НА МЕТАЛНО ПРОБНО ТЯЛО

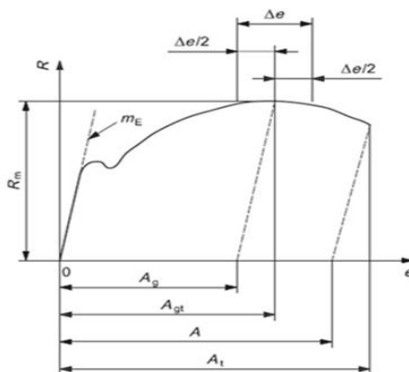
С помощта на микрометър се измерва на три места диаметърът d_0 или дебелината на пробните тела по дължината на работния участък с точност до 0,01 mm. По измерения най-малък диаметър/дебелина се определя площта на напречното сечение S_0 . След това върху работния участък се нанася изпитвателната дължина l_0 . Тя зависи от сечението и от вида на пробния образец. За получените метални епруветки се разчертават на $l_0 = 80$ mm. При кръгло напречно сечение има стойности $l_0 = 10 \cdot d_0$ за дългите и $l_0 = 5 \cdot d_0$ за късите

пробни образци. При правоъгълно напречно сечение с площ S_0 , те са съответно $l_0 = 11,3\sqrt{S_0}$ за дългите и $l_0 = 5,65\sqrt{S_0}$ за късите образци. За предпочитане е използването на къси пробни образци. Това разчертаване се прави, за да може след тестването ѝ да се изчисли удължението $A_{80\%}$, mm [130-136].

След обозначаването на изпитвателната дължина l_0 главите на пробния образец се поставят центрирано в челюстите на изпитвателната машина и се натоварват плавно (постепенно) на опън.

На фигура 4.6 е показана графика, която е типична за тестване на якост на опън. Показани са определения за удължение, необходими за анализа на пробно тяло, където:

- A е процентно удължение след скъсване (изчилено от екстензометъра или директно от пробното тяло)- $A\% = \frac{Lu - L_0}{L_0} \times 100$;
- A_g е пластично удължение при максимална сила- $A_g\% = \left(\frac{\Delta L_m}{L_e} - \frac{R_m}{mE} \right) \times 100$;
- A_{gt} е тотално процентно удължение при максимална сила- $A_{gt}\% = \frac{\Delta L_m}{L_e} \times 100$;
- A_t е тотално процентно удължение след тоталното скъсване;
- „ e “ е процентно удължение; $A_t\% = \frac{\Delta L_f}{L_e} \times 100$;
- m_E е наклона на еластичната част от графиката напрежение-процентно удължение;
- R е напрежение;
- R_m е якост на опън- $R_m\% = \frac{F_{max}}{S_0} \times 100$;
- Δe е зона на удължаване;
- L_e е обхвата на измерване (екстензометъра)



Фиг.4.6. Графика, типична за тестване на якост на опън

За да сме сигурни в резултата е необходимо да се направят минимум по 3 измервания. Крайният резултат е осреднената стойност от всички измервания.

В таблица 4.3 е представен пример за изчисляване на удължението на пробно тяло при якост на опън на метално пробно тяло от нисковъглеродна стомана.

Таблица.4.3 Начални, крайни и изчислени параметри за удължение на пробно тяло

Начални параметри		Параметри след скъсване		Изчислени параметри	
a, mm	20	Fm, kN	8.28	Rm, МПа	360
b, mm	1.15			A, %	32
L ₀ , mm	80	L _u , mm	106	A _t , %	31.5
S ₀ , mm	23			A _{gt} , %	22.5
L _e , mm	120	m _E , МПа	240	A _g , %	21

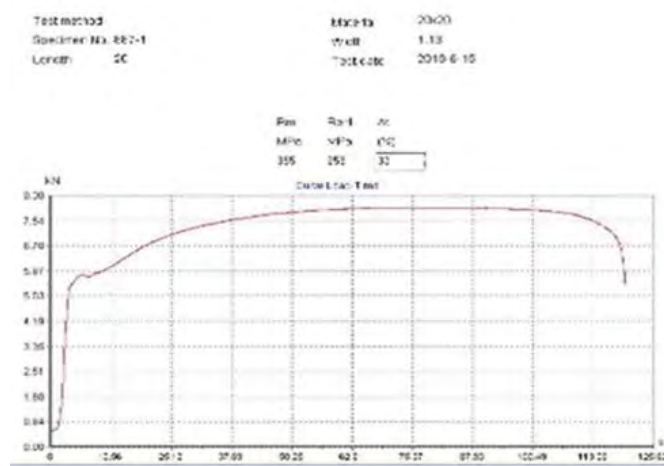
4.5. Експериментално изследване на образци от въглеродна стомана при якост на опън

4.5.1. Инициализиране на входни параметри при тестване на якост на опън

След подготовката на пробното тяло, геометричните параметри се въвеждат в софтуерна програма за обработка на данни WinWDW Electronic Universal Testing Machine. Тестваният материал, от който са изработени образците/епруветките е с марка стомана DC01(1,0330)= 08kp от ГВ стомана.

4.5.2. АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

С цел по-лесната обработка на резултатите се експортират във файл на Excel (фиг. 4.10), където могат да се систематизират според необходимите параметри. Също така директно от програмата може да се изготви тест репорт с графика и желаните параметри, които е необходимо да фигурират в отчета.



Фиг. 4.11 Графика на ГВ метал

След провеждане на изпитанието софтуерната програма за обработка на данните изчислява параметрите, описани в Таблица 4.4. Единствено относителното удължение A80,% се изчислява ръчно като се измерва от епруветката, посредством шублер.

4.6. Изследване на химичните показатели на въглеродна стомана

За да е сигурно, че доставената суровина отговаря на параметрите по сертификат се правят контролни измервания на всички характеристики. Целта е да се сведе до минимум грешка в изготвянето на режимите на работа и получаването на удовлетворяващи стойности на метала след неговата преработка.

След заприходяването на рулоните данните на всеки рулон се вписват в дневник. Прави се анализ на проби от всеки рулон и се сравнява с данните от сертификата. Освен това се прави и сравнение с данните, на които трябва да отговарят по стандарт за съответната марка стомана, Таблица 4.5.

Таблица 4.4 Изчислени параметри при якост на опън

Параметри след скъсване, изчислени от програмата/графиката		Изчислени параметри от компютъра				Ръчно изчислени параметри	
F _m , kN	5,124	R _m , MPa	325	E, GPa	27,35	A ₈₀ ,%	34
F _{eH} , kN	3,672	A _{gt} , %	21	Re _H , MPa	230		
F _{eL} , kN	3,582	A _t , %	30	Re _L , MPa	220		
δ, mm	36,14	R _p , MPa	230	Z, %	62		
		R _t , MPa	147				

Таблица 4.5 Данни от хим. анализ на ГВ Рулон, марка стомана S235JR

	C	Mn	Si	Al	Cu	Забележка
	%	%	%	%	%	
Данни по сертификат	0,17	0,87	0,018	0,055	0,012	отговаря на стандарта
Контролна проба	0,17	0,92	0,02	0,05	0,016	
Данни за стандарт S235JR, max ст-ти	0,17	1,4			0,55	

В повечето случаи стойностите на химичният състав отговарят на посочените в сертификата стойности, но има случаи в които се получава голямо разминаване както е представено в Таблица 4.6. Това води до разминаване в стойностите на механичните показатели в по-високи граници, което ако не е съобразено ще има проблем при технологичния процес.

Таблица 4.6 Сравнение на химични и механични показатели по сертификат и след тест

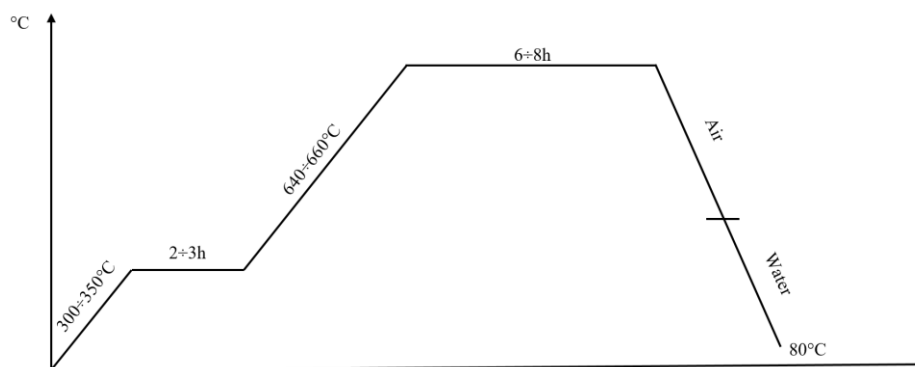
Вид	Марка	№ плавка	Химичен състав				R _m (MPa)	Re (MPa)	A, %
			C	Mn	Si	Al			
Данни по сертификат	DD11	915921	0,06	0,24	0,008	0,320	386	285	33
Контролна проба			0,08	0,26	0,012	0,033	410	335	29

4.7. Технологична постановка и опитни резултати от трансформация на механичните характеристики от ГВР към СВР

За изследването е използван едноклетков стан (Rolling Mill with one roll), като използваният метал е с входна дебелина 2 mm и ширина 550 mm, тегло на рулона 6 t, произведен в Румъния от ArcelorMittal Galati S.A. Изходната дебелина след валцуване е 1,13 mm, след 3 пъти преминаване през реверсивните ролки.

4.7.1. Термообработка на метала

- Диаграма на състоянието Fe-C



Фиг. 4.13. Диаграма на състоянието на желязо-въглерод.

➤ Методологията от диаграмата на фиг. 4.13 е описана чрез процеса на термообработка, който протича на 5 етапа:

- 1) Продувка;
- 2) Нагреване на метала до 350°C за период от 3 часа;
- 3) Последващо нагреване на метала от 300°C до ~650°C за период от 6 часа;
- 4) Въздушно охлаждане, докато металът достигне до 300°C;
- 5) Водно охлаждане от 300°C до 80°C.

По време на цикъла на отгряване протича защитна газ, която е смес от 96% азот и 4% Водород. Първият етап (продувка) е изключително важен процес и неизменна част от цикъла, защото целта на преминаването на тази защитна газ е да изгони кислорода, който се намира в пространството между рулоните. В противен случай ще се получи окисление на метала.

4.7.2. Опитни резултати

Показан е химичният състав на изследваната стомана в Таблица 4.7. Механичните свойства по време на различните етапи на обработка на метала са показани в Таблица 4.8.

Таблица 4.7 Химичен състав на изследваната стомана

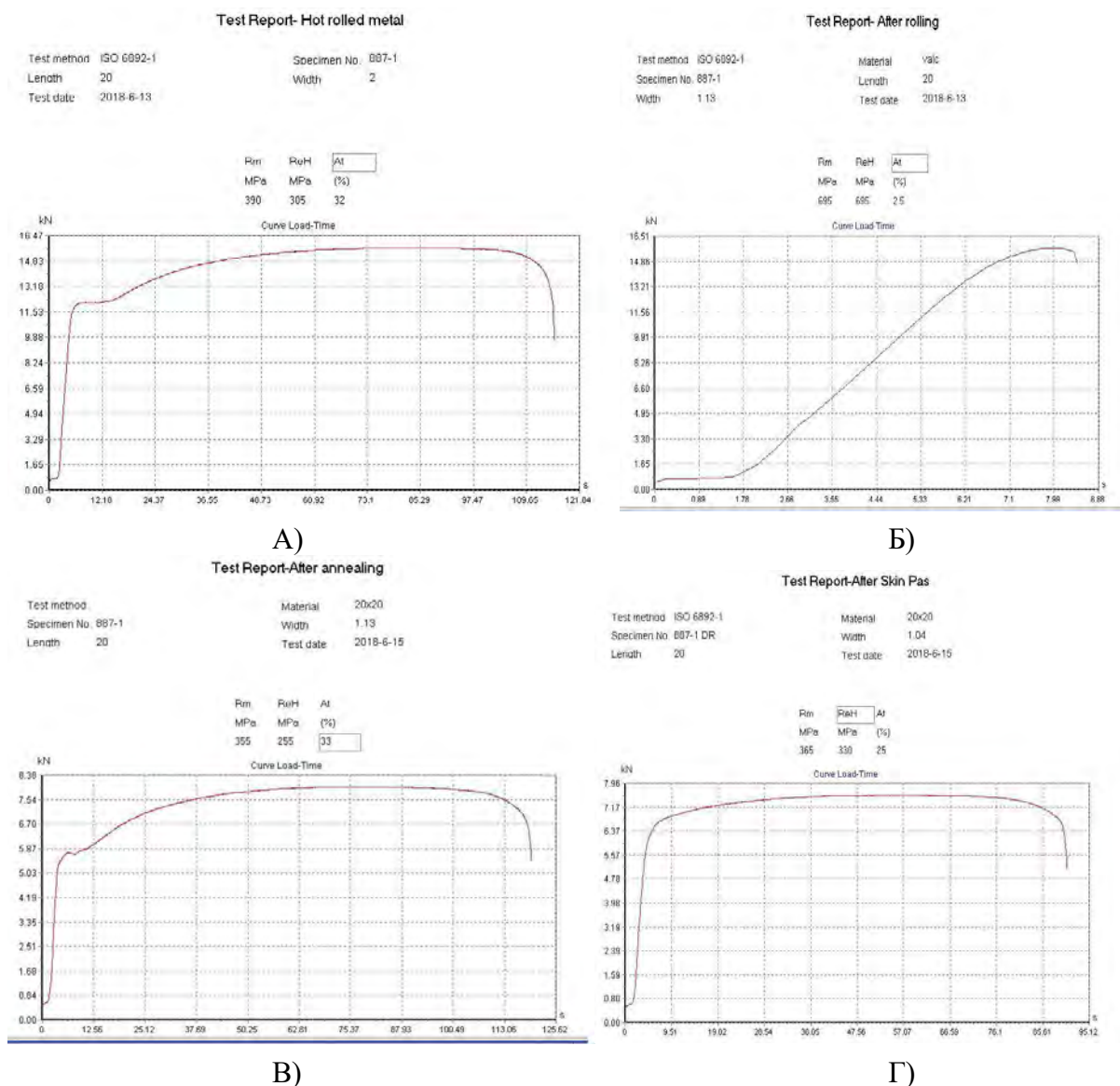
C	Mn	Si	P	S
%	%	%	%	%
0.06	0.19	0.01	0.008	0.007

Таблица 4.8 Механични характеристики повреме на различни етапи от технологичния процес

	Rm	Re	A
	Mpa	Mpa	%
ГВР	390	305	32
СВР	695	695	2.5
След отгряване	355	255	33
След дресиране	365	330	25

За изпитваните образци е зададена скорост от 20 mm/min.

4.7.3. Диаграми от тестване на якост на опън



Фиг. 4.14 Диаграми от тестване на якост на опън:
 А) ГВР, Б) СВР, В) след отгряване, Г) след дресиране

4.8. Иновативно производство на високоякостна стомана

От направеният анализ на характеристиките на марка стомана S235JR (EN 1.0038 Steel), Стандарт EN 10025-2 се установи, че тя се доближава до изискванията на E320 и E370.

На база на осъществени експериментални данни и анализи е изработен технологичен режим за производство на тръби с марка E320 и E370, стандарт EN 10305-3 и EN 10305-5 в зависимост от входните данни на материала, химичният състав и механичните показатели.

Стандарта на марка стомана S235JR регламентира максимална стойност на въглеродният еквивалент:

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \leq 0.35 \quad (4.1)$$

За производството на стандарт E320 най-добрите стойности на CEV са $0,23 \div 0,30$

4.8.2. Технологичен режим и опитни резултати

След анализиране на входните параметри на ГВ суровината, които показват, че материалът е подходящ за производството на стомана E320, металът се разкроява на необходимата ширина, байцва се (повърхностно почистване от окалина, корозия и мръсотия) и се изготвя задание за валцуване според желаната дебелина. В нашият случай желаната дебелина е 1,0 mm.

При валцуването от 2,0 mm на 1,0 mm броят на пасовете са 3:

- 1- 2,0 mm → 1,55 mm 22,5%
- 2- 1,55 mm → 1,25 mm 19,4%
- 3- 1,25 mm → 1,0 mm 20%

След режима на валцуване се определя режима на отгряване и % деформация при дресиране (скин пас). Процеса на отгряване се състои от няколко етапа:

- 1) Продувка- 1 час (с цел изгонване на кислорода, посредством защитна газ от азот и въглерод)
- 2) 1-ва задръжка- 350°C/3ч: Нагриване на метала до 350°C в продължение на 3 часа
- 3) 2-ра задръжка- 620°C/ 20 мин. на всеки тон (полигонизация): Повишаване на температурата до 620°C, а времето се определя според количеството метал в тонове за всеки час. Например при стенд с тонаж 24 т, се получават 8 часа.
- 4) Охлаждане с въздух до 300°C
- 5) Охлаждане с вода от 300°C ÷ 100°C
- 6) Разопаковане на рулоните и естествено охлаждане до 40°C

За правилното отчитане на резултатите след отгряване е необходимо да се поставят три проби на различни места, симулирайки вземането на проба от началото, средата и края на рулона. Резултатите от 3-те проби се осредняват.

След термообработката, рулоните преминават през още един етап- дресиране/ скин пас. Чрез него метала става по-лъскав и повърхностно уякчен. В зависимост от това коя марка стомана искаме да постигнем, процента на деформация при дресиране след отгряване е различен. Табл. 4.11.

Таблица 4.11. Процент на деформация при различни марки стомана

Марка стомана	% Деформация	Марка стомана	% Деформация
E320	3	E275	10
E370	4,5	E355	15
E420	6		

4.9. Заточване на щанца

За правилното тестване на механичните показатели, линейните му размери (ширина и дебелина) трябва да се следят и дали ножовете на щанцата да не изхабят. При изхабени ножове се наблюдава загуба на равномерност по цялата площ [144, 145].

4.9.1. Анализ на геометричните характеристики с микрометър и шублер и чрез 3D компютърен томограф преди заточване на щанца за отсичане на метални образци

При привеждане на средноаритметичната стойност на измерените ширини и дебелини на тестовото тяло се получават следните параметри:

- Стойностите на пробите, измерени с микрометър и шублер
a= 0,96 mm; b= 20,01 mm
- Стойностите на пробите, измерени с 3D компютърна томография
a= 0,99 mm; b = 20,07 mm

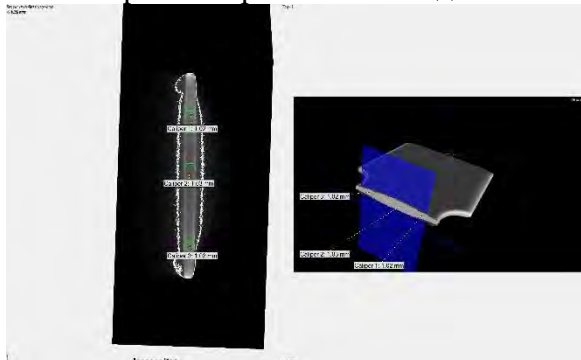
Ако направим симулация на изпитване на якост на опън, Таблица 4.14 при сила F= 6,5 kN, тя ще бъде изчислена по формула $Rm\% = \frac{F}{S} \times 100$ и площ на напречното сечение S= a.b, ще получим следните стойности:

Таблица 4.14: Симулация на изчисление на якостта на опън

Измерени с:	S, mm	Rm, Мра
микрометър и шублер	19.2096	338
3D СТ	19.8693	327

Резултатите показват, че стойностите на пробите, измерени с микрометър и шублер, се различават от тези, измерени с 3D компютърна томография.

На фигури 4.16 и 4.17 са представени изображения от 3D компютърния томограф от сканираните пробни тела на дебелината и ширината им.



Фиг. 4.16 Измерена дебелина с 3D томограф



Фиг.4.17 Измерена ширина с 3D

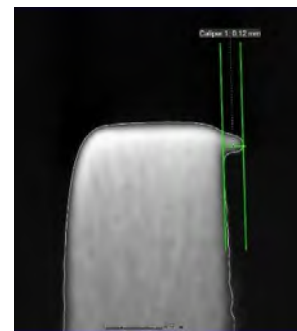
При отсичането на пробното тяло чрез щанцоване, при по продължителна работа се получава износване на ножа. Това явление се наблюдава на фиг. 4.18. Височината на усенъка, който се получава е измерен посредством 3D томограф. След анализа от компютърния томограф се вижда ясно, че в двете страни на пробното тяло, дебелината е значително по-малка от реалната, което е следствие от захабения нож при щанцоването фиг. 4.16.

4.9.2. Сравнителен анализ на геометричните характеристики преди и след заточване на пресата за отсичане на пробни образци

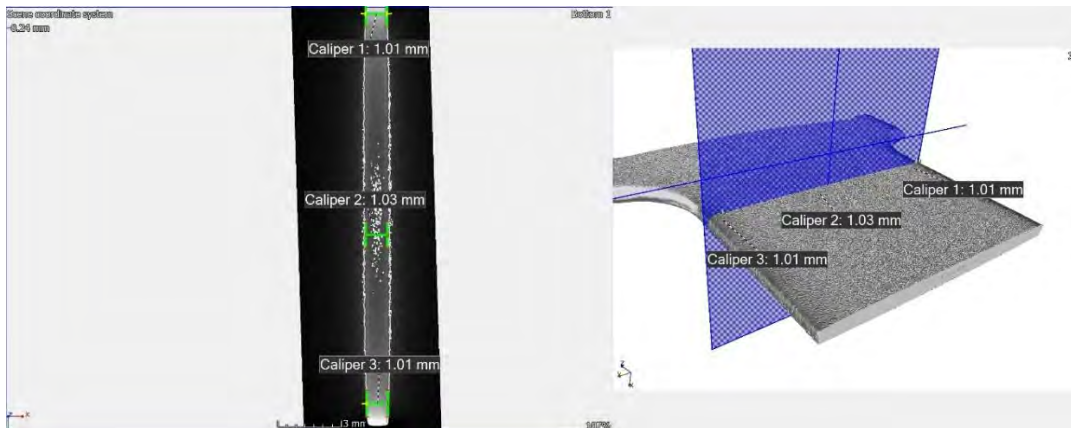
След направеният 3D компютърен анализ на образца, подготвен преди заточване на гилотинните ножове на пресата ясно се визуализира дефект по повърхността му. Поради изхабяването на ножовете се наблюдава смачкване на метала и деформирането му. Размера на дефекта е 0,12 mm е показан на фиг.4.19.

От направените изследвания на двата вида образци става ясно, че при изследвания образец, произведен преди заточване на ножовете се вижда деформация. . В краищата на образца е измерена значително по-малка дебелина от реалната дебелина в средата й- 0,92 mm; 1,04 mm; 0,88 mm.

От анализа на образца, изготвен след заточване на пресата се забелязва равномерна ширина и дебелина (фиг. 4.26). Размерите на ширината са: 19,98 mm; 19,96 mm ; 19,96 mm, а тези на дебелината са 1,01 mm; 1,03 mm ;1,01 mm.



Фиг.4.18 Сканирано пробно тяло с усенък след шанцоване Фиг. 4.19 Усенък на образец след шанцоване



Фиг.4.26. Измерване на дебелина на образец след заточване

4.10. Създаване на нов тип иновативен държач за пробни тела за 3D компютърен томограф

4.10.2. 3D моделиране на опитни образци

Моделирани са 5 епруветки с различна дебелина. На по-късен етап в методиката, моделираните 3D епруветки могат да бъдат използвани за еталони при сравнението им с изпитваните тестови епруветки.

След моделираните епруветки с 3D CAD програмен продукт е моделиран и фиксиращ държач за епруветките. Държача показан на фиг. 4.28 е моделиран така, че да осигурява поставяне и закрепване на няколко типа епруветки, в зависимост от дебелината им [146].

4.10.3. 3D принтиран държач

Моделирания държач, Фиг. 4.29 е произведен чрез адитивна технология, на 3D Fused Deposition Modeling (FDM) принтер. Той е избран, защото консумативите са му по-евтини и за проектирането на прототипа не е необходима голяма прецизност в печатането.

4.10.4. 3D компютърна томография

Полезния модел държач за пробни тела действа по следния начин: Изследваният обект (епруветката) се поставя в държача, след което се закрепва в носещата маса на 3D компютърния томограф, описан в глава 1. Пробното тяло се затяга посредством светлия отвор с резба и с винта с резба. След поставянето на обекта за изследване, се задават параметрите, необходими за успешно сканиране на епруветката. При неправилно зададени параметри има вариант да не бъдат забелязани дефекти по вътрешната структура на изследвания обект.



Фиг. 4.28. Моделиран държач



Фиг. 4.30. Поставен обект за изследване

4.11. Изследване твърдостта на работни валове

4.11.4. Резултати и дискусии

Получените резултати са след преработка на метала, приблизително след като през тях са обработени 100 тона метал. Анализът е направен с преносим твърдомер на марката INSIZE, модел ISH-РНА portable, който има възможността да измерва твърдостта по 4 скали: НВ (Бринел), НРС (Рокуел), НV (Викерс), МРа. Животът на опорните и работните валове е доста дълъг стига да се експлоатират по правилен начин.

След първоначалната работа с опорните валове, времето след което трябва да свалят за първо шлайфане е приблизително 3000 тона, поради повишаване на грапавостта или орубване на валовете. След заглаждане на повърхността те отново се връщат в клетката за работа. При работните валове методът на работа е същият с разликата, че те се шлайфат след валцуване на 150 тона метал. Минималният диаметър на опорните валове е около $\Phi 520$ мм, а на работните валове до достигане на диаметър $\Phi 185$ мм.

Направените анализи са отчетени по скалата на Рокуел - HRC. От изследванията става ясно, че твърдостта на вала се е променила едва с 1 единица. Измерените стойности са описани с таблица 4.23.

Таблица 4.23. Твърдост на работен вал, производител“ Technocraft Interprises”, Индия след работа.

Размери	Твърдост Рокуел
mm	HRC
210x700x1927	61
	61.8
	62
Средно	61.6

4.12. Изследване грапавостта на работни валове и нисковъглеродна стомана

4.12.4. Изследване грапавостта на работни валове

➤ Използвана апаратура:

- Стругът, който се използва за обработка на работните валове е универсален струг С13МВ.
- За нуждите на производството е избран универсален кръгъл шлайф от български производител. Този шлайф е на принципа, при които обработваният детайл се върти, камъка стои неподвижен, а се мести масата, на която е закрепен.

➤ Опитни резултати

Измерванията на грапавост са извършени с преносим грапавомер DIAVITE compact, $0 \div 19.99 \mu\text{m}$ и точност $0,01 \mu\text{m}$, а диаметъра с електрон шублер INSIZE с обхват $0 \div 300 \text{ mm}$ и точност $0,03 \text{ mm}$ [157].

След шлайфане на вала грапавостта е нормална - $0,4 \mu\text{m}$, а след работата му на валцуване достига свръхзаглаждане - $0,042 \mu\text{m}$, (табл. 4.21). След обработката на работният вал – шлайфане, диаметърът, който се отнема е в порядъка на $0,2 \text{ mm}$.

ТАБЛИЦА 4.21 Грапавост на работен вал

	Грапавост, [μm]
Шлайфан вал	0,4
Работил вал- преработени 50 t. метал	0,15
Работил вал- преработени 250 t. метал	0,042

4.12.5. Измерване на грапавост на нисковъглеродна стомана след валцуване на реверсивен едноклетков стан 700

За извършване на експеримента е направен анализ на грапавостта на нисковъглероден метал в няколко състояния на доставка и обработка на метала: горещо

валцуван рулон (Табл. 4.25), закупен студено валцуван рулон (Табл. 4.26) и студено валцуван рулон от закупен горещо валцуван рулон, преработен на реверсивен стан 700 за студено валцуване (Табл. 4.27).

В таблица 4.24 са представени резултатите от измерване на грапавост на студено валцуван рулон на реверсивен стан за студено валцуване при 5% и 50% деформация с начална грапавост 1,4 μm .

Таблица 4.25. Грапавост на Горещо Валцуван рулон, размер 2,0x1105 mm.

Брой измервания	Грапавот, μm
1	1,48
2	1,27
3	1,54
4	1,48
5	1,19
Средна стойност	1,39

Таблица 4.26. Грапавост на закупен студено валцуван рулон с размер 0,85x1010 mm.

Брой измервания	Грапавот, μm
1	0,98
2	0,99
3	1,02
4	1,0
5	1,03
Средна стойност	1,0

Таблица 4.27. Грапавост на студено валцуван рулон на реверсивен стан за студено валцуване при различни деформации с начална грапавост 1,4 μm

Брой измервания	Деформация	Грапавот, μm
1	5 %	0,99
2		1,0
3		1,02
4		1,01
5		1,02
Средна стойност		1,01
1	50 %	0,31
2		0,30
3		0,32
4		0,32
5		0,34
Средна стойност		0,32

4.13. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа е представен методът за технологична подготовка на едно пробно тяло от изборът на преса, видът шанца до размерите, на които трябва да отговаря по стандарт EN ISO 6892-1 едно пробно тяло за тестване на якост на опън. Пресата, която се използва е хидравлична с единична шанца за рязане с просто действие със заготовка. След тестването на различни дебелини и твърдости на пробното тяло става ясно, че няма

закомерност в броя проби, които ще се подготвят, след което ще трябва да се заточат гилотинните ножове на щанцата. Но след направено проучване и наблюдение на работният процес, вземайки предвид и интензивността на работа се предвижда необходимост от заточване след около 2 години или когато започнат да се появят ръбчета в участъка на срязване на заготовката.

Избран е най-подходящият за нуждите на производството размер на епруветката, а именно b_0 - 20 mm, ширина на уширенията 30 mm, L_t - 180 mm и L_c - 120 mm.

След направен обстоен анализ на изследването чрез спектрални апарати се установи, че този метод дава информация от съществено значение за опознаване и осъвършенстване на процесите на работа. Това е необходимо, за да могат да се правят бързи и точни количествени анализи на химичният състав на суровината, защото от там се определя целият режим на работа.

След анализирането на високоякостните марки стомана става ясно, че замяната на обикновените конструктивни марки стомана позволява значително да се намали металоемкостта на изработваните изделия чрез използването на по-малка дебелина на стената и при аналогични или по-високи показатели на якостта на опън. По този начин освен, че се запазва издръжливостта на изделието/конструкцията, но се намалява значително неговото тегло, увеличават се линейните метри на валцуваната ламарина, което води до икономия.

По време на тестването на якост на опън се чертае графика, от която програмата ще изчисли параметри, важни за анализирането на материала. В зависимост от тестваният материал графиката е различна. Тествана е нисковъглеродна стомана в различни етапи на преработка. При ГВР и студено валцуван метал след термообработка графиката е с ясно изразена граница на провлачване и метала е пластичен и с добри механични показатели. При студено валцуван метал без последваща термообработка, графиката е без граница на провлачване и металът е крехък. При дресиран метал графиката е без ясно изразена граница на провлачване, но металът е пластичен и добри механични показатели.

В следствие на развиващият се свят и апаратурата за анализ се модернизират. Затова е направено сравнение на измерването на линейните величини чрез стандартните измервателни средства- шублер и микрометър и модернизираният 3D компютърен томограф, който дава по-детайлна информация относно какви проблеми могат да възникнат при подготовката на пробно тяло за тестване на якост на опън. Анализите показват, че въпреки разминаването при измерването чрез двата метода, размерите на образеца отговарят на стандартите по ISO за ширина и дебелина и не дават съществена грешка в последващо изчисляване на механичните показатели. При анализа с 3D компютърния томограф се виждат детайлни дефекти след отсичането на пробното тяло след щанцоване. Дебелината в двете страни на образеца се смачкват от 1,02 mm средна дебелина в средата му до 0,90 mm. Другият дефект, който се визуализира е появата на усенък също вследствие на износеният нож на щанцата.

От направеният сравнителен анализ на геометричните характеристики на метално пробно тяло за тестване на якост на опън, подготвени преди и след заточване на гилотинните ножове на преса се установиха значителни различия. От измерванията, направени на 3D компютърен томограф се установи, че когато ножовете са изхабени се получават големи дефекти по повърхността на образеца. При детайлното измерване на ширината се наблюдава смачкване на метала от горната страна на да на ножа, равномерност в средата и дефект в долната част на образеца. А дебелината в крайните ширини е с 0,12 mm по-малка, за разлика от пробното тяло, подготвено след заточване, където дебелината и ширината са равномерни.

Поради разнообразието в твърдостта и дебелината на заготовката е трудно да се каже след какъв период от работа се изхабяват гилотинните ножове на щанцата. По наблюдения за нуждите и натовареността на текущото производство се налага заточване през средно 2 години. Навременното заточване на гилотинните ножове на пресата могат да доведе до по-точното измерване на якостта на опън.

Препоръчва се междинна проверка на пробното тяло за период от 6 месеца, в зависимост от натоварването на пресата.

Създаден е държач за пробно тяло, използван при 3Д компютърен томограф за анализ на геометричните характеристики и структурата на епруветката. Той осигурява безопасно и стабилно захващане, при което да бъдат избегнати повреди и неточности при изследването и анализа на пробното тяло, което е от изключителна важност при контрол на качеството. След направена съпоставка на размерите на новият държач за пробни тела и стандарта, по които се определят размерите става ясно, че всички размери на плоски пробни тела с правоъгълна форма са съпоставими с размера на държача и могат да бъдат тествани. Предимството на държача за пробни тела е намалено време за поставяне на пробните тела в подвижната плоча, сигурното захващане и възможност за поставяне на различни видове пробни тела и не попада в зоната за сканиране.

Оптичният метод на измерване, технологията TIV позволява измерване на твърдостта на различни материали без допълнително калибриране. Освен това, статичното прилагането на товара позволява измерване на твърдостта на тънки и малки обекти, както и на покрития.

Глава 5

ПЛАН ЗА КОМЕРСИАЛИЗАЦИЯ НА НАУЧНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

Използвайки най-нови технологични операции и оборудване от световни производители и марки, компанията е фокусирана в разработката на иновативни решения в производството на тръби и профили чрез:

- Бързо внедряване на нови профили.
- Производство на тръби и профили от високоякостен материал – до 520 Мра.
- Производство на сложни профили в комбинация с материал с висока якост на опън, фиг. 5.1.



Фиг. 5.1. Сложни профили в комбинация с материал с висока якост на опън

5.2. Заключение:

Чрез направената симулация на комбинация от сложни профили и по-малка дебелина на тръбите и профолите и тестването им при натоварване показва значително намаляване на теглото на готовите изделия като това не нарушава тяхната здравина и външния вид.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разработеният дисертационен труд са направени обзор, анализ и систематизация на методи и средства за технологична диагностика на автоматични машини и линии.

Предложен е технологичен регламент и подход за внедряване и експлоатация на технологичното оборудване за производство на тънкостенни електро-заварени затворени профили от студено валцувана стомана.

Предложени са методики за експериментална подготовка на пробно тяло чрез което се тества якост на опън, спектрален анализ и компютърна томография.

Извършени са експерименти с универсална тест машина за якост на опън, чрез която се анализират механичните показатели на метала.

Чрез спектрален анализ е изследван химичният състав на използваната суровина за коректно определяне режимите на работа.

Създаден е иновативен държач за пробни тела, който е защитен в патентно ведомство на Република България, рег. № 3892 U1/ 23.09.2020 г. Държачът намира приложение в разработените методики за 3D сканиране на вътрешната структура на пробното тяло, целяща безразрушителен анализ на геометричните му характеристики. Чрез използваната методика, държачът и 3D компютърният томограф са анализирани геометричните характеристики и вътрешната структура на пробното тяло. Анализите показват деформация във формата му, образували се усенъци, следствие от износване на щанцата за пресоване. Направен е анализ и препоръка за профилактика на щанцата, съобразена с натоварването и. Установено е, че профилактиката трябва да се извършва в рамките на две години.

Задълбоченият анализ на химичните и механични показатели допринася за намаляване на брака в процеса. Увеличава качеството на готовата продукция, както и изпълнението и в срок.

Научно- приложни приноси в дисертационния труд:

Приносите в дисертацията имат основно научно-приложен характер и са както следва:

1. След детайлен обзор е направен критичен анализ и систематизация на методи и средства за техническа диагностични процедури.
2. Обсъдени са съществуващи проблеми и решения, касаещи съвременната диагностика на автоматични машини и линии и е изследвано влиянието на ИКТ върху методите за техническа диагностика.

3. Предложени са иновативни подходи за диагностика на автоматични машини и линии.
4. Разработени са методики за: техническа диагностика (изпитване) чрез пробно тяло на пластична деформация и якост на опън, графики на въглеродна стомана при якост на опън, трансформация от горещо валцувана в студено валцувана ламарина, създаване на високоякостна студено валцувана стомана за прецизни електрозаварени тръби.
5. Разработени са методики за: проектиране на нов тип иновативен държач на пробно тяло, иновативно измерване на геометричните характеристики чрез 3Д компютърен томограф, анализиране характеристиките на пробно тяло преди и след заточване на шанца.
6. Разработени са методики за: спектрален анализ на метално пробно тяло, механична обработка и изследване на твърдостта и грапавостта на работни валове, тестване на грапавостта на нисковъглеродна стомана след студено валцуване
7. Направени са експериментални разработки и симулации на различни методики в индустриална среда.
8. Резултатите са анализирани и апробирани.

Б Л А Г О Д А Р Н О С Т И

Имах честта да работя под ръководството на проф. д-р Димитър Карастоянов, който ме подкрепяше и помагаше през годините – сърдечно благодаря за помощта и за неустоймото чувство за хумор.

Също така искам да благодаря на проф. д-мн Галя Ангелова за възможността да работя с уникална и модерна научно-изследователска апаратура в рамките на голям Европейски проект.

Разбира се, бих искала да изкажа благодарности и на доц. д-р Николай Стоименов за методическите указания и насоките, които ми даде.

Благодаря също на проф. д-р Тодор Нешков и на доц. д-р Любен Клочков от катедра АДП към МФ на ТУ-София за подкрепата през всички тези години.

Сърдечно Благодаря на всички !!!

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] „Правописен речник на българския книжовен език“ осмо стеритипно издание, Съставили Л. Андрейчин, Вл. Георгиев, Ив. Леков, Ст. Стойков, София 1978, Наука и Изкуство
- [2] Речник на чуждите думи в българския език; Александър Милев, Йордан Братков, Божил Николов, второ издание предговор към първото издание от Владимир Николов ДИ „ Наука и издателство“, 1964, София,
- [3] Български тълковен речник „НИ“ Л. Андрейчин, Ст. Илчев, Н. Костов, Ив. Леков, Ст. Стойков, Цв. Тодоров, четвърто издание, допълнено и преработено от Димитър Попов, 2018, ISBN-10:954-02-0156-X; ISBN-13:978-954-02-0156-6
- [4] Сп. Инженеринг ревю, Механични системи, брой 2, 2010
- [5] Клъстери и иновации- възможна парадигма на обновление, ст.н.с д-р Бенислав Ванев и ст.н.с. д-р Кирил Желязков, стр. 310 (от 309-337 стр. Иновациите- европейски, национални и регионални политики), 2008, Фондация „Приложни изследвания и комуникации“, ISBN 978-954-9456-12-7 ARC FUND.
- [6] Кейносукэ Оно и Тацуюки Негоро, „Статистически мениджмънт на производствения бизнес“, (Strategic management of manufacturing businesses”- Corporation, Tokyo, Japan), издание на Bulgarian AOTS Alumni Society и ЦКП
- [7] СМПБ, стр. 55
- [8] Иновациите- Европейски, национални и регионални политики, научен редактор проф. д.н.к.н. Марин Петров, Фондация „Приложни изследвания и комуникации“, ARC FUND, ISBN 978-954-9456-12-7; с (София), 2008
- [9] <https://www.ikea.bg/>, (последно посетен 12.2021)
- [10] В.Гановски, И. Бояджиев, Л. Клочков „Автоматични линии“, учебник, печатна база ВМЕИ „В. И. Ленин“, София, 1989
- [11] <https://ferropipe.com/carbon-steel-pipe/>, (последно посетен 12.2021)
- [12] <https://www.omega-bg.com/bg/%D0%B7%D0%B0-%D0%BD%D0%B0%D1%81>, (последно посетен 12.2021)
- [13] <https://www.husltd.com/bg>, (последно посетен 12.2021)
- [14] <https://www.megaprofil-bg.com/>, (последно посетен 12.2021)
- [15] <http://www.zpt.bg/galvanizing.php?l=bg>, (последно посетен 12.2021)
- [16] <https://www.steelimpex.eu/>, (последно посетен 12.2021)
- [17] <https://arcelormittal.com/>, (последно посетен 12.2021)
- [18] <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/top-producers.html>, (последно посетен 12.2021)
- [19] https://en.wikipedia.org/wiki/Magnitogorsk_Iron_and_Steel_Works#cite_note-4, (последно посетен 12.2021)
- [20] <http://eng.mmk.ru/>, (последно посетен 01.2022)
- [21] <https://www.zaporizhstal.com/ru/>, (последно посетен 01.2022)
- [22] Сп. Инженеринг ревю- брой 6, 2013 г.К. Elissa, “Title of paper if known,” unpublished.
- [23] Zheng Q., Mashiwa N, Furushimaa T., Evaluation of large plastic deformation for metals by a non-contacting technique using digital image correlation with laser speckles, Materials and Design 191, 2020, 108626.
- [24] Penchev T., Altaparmakov I., Stoimenov N., Controlled Impact: Experimental Results in plastic deformation. XXVIII International Scientific Conference of the Faculty of Industrial Technology of TU-Sofia – FIT’2015, Sozopol, Bulgaria, 11-13 September, 2015, ISBN:978-619-167-178-6, 2015, pp. 151-156.
- [25] Ройдев М., Георгиева В., Стоименов Н., Клочков Л., Панев П., Разработване на автоматична линия за опаковане с еднократна опаковка, XXV МНТК Автоматизация на дискретното производство „АДП – 2016” 23-26 Юни, Созопол 2016г., ISSN – 13 10 -3946, 2016, стр.232-239.
- [26] Meusbarger <https://www.meusbarger.com/IT/IT/prodotti/stampi-per-tranciatura/base-portastampo/base-portastampo-di-precisione-sp> (последно посетен 01.2022).
- [27] Илиев Л.- Методи за определяне свойствата на материалите – якостни и пластични свойства, Курсова Работа по Технология на Материалите
- [28] Stoimenov N., Gyoshev S., Penchev T., Contactless measurement of temperature during cold plastic deformation., Scientific Proceedings, NDT days 2016, Number 1 (187), June 2016, ISSN 1310-3946, pp. 449-450

- [29] Иванчев И., Славчев В., Добрева И., Даалов Б., Експериментално определяне на якостните характеристики при различна възраст на бетона, XVIII Юбилейна международна научна конференция по строителство и архитектура ВСУ'2018, ISSN: 1314-071X
- [30] Ivanchev I., Slavchev V., Research on concrete mechanical properties and their application for cracks' research in reinforced concrete elements, subjected to bending, 15th International scientific conference VSU'2015, ISSN: 1314-071X, pp.115-120
- [31] http://www.wance.net/products/dzwnsyj/wei hongdianzi/index.html?gclid=EAIaIQobChMI7O-C3dfv3gIV1B-tBh3LQg9LEAAyAAAEgK0oPD_BwEV.
- [32] Опъковъчен лист за компютърно контролирана електронна тест машина, Time Group
- [33] <https://www.zwick.com/en/systems-for-climate-and-temperature-testing/temperature-chamber>, (последно посетен 01.2022)
- [34] Цонев В., Изследване на механични характеристики на легирани стомани в условията на високи температури, Автореферат за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“
- [35] Киркова Е. Обща Химия. София, Унив. изд. „Св. Климент Охридски“, (2001). с. 436.
- [36] Добри Лазаров, „Неорганична химия“, (2019), УИ "Св. Климент Охридски", ISBN: 9789540738192
- [37] Христо Радев, „Метрология и измервателна техника“, книга- справочник в три тома, под общата редакция на проф. д.т.н. Христо Радев, издателство „Софттрейд“, София 2012 г. (Том 2, стр. 144-165, Механични средства за измерване)
- [38] Polymeta-S, last visited June 2021 <https://www.polymeta.bg/shop/instrumenti-i-okomplektovka-zametalorezheshhti-mashini/insize-2/shubleri/elektronen-shubler?v=461b1990fe86>
- [39] ARC Metrologia, <http://www.arc-bg.com/195-izmertvatelni-instrumenti-sylvac-shveicariq>, (последно посетен 01.2022)
- [40] Христо Радев и колектив, „Измерване на диаметри на голямо габаритни валове“ XXV Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и Метрологично осигуряване“, 2015, 7-11.09,2015 Созопол, 70 год. ТУ София, стр. 221-225
- [41] Христо Радев и колектив „Определяне на непостоянството на оста на въртене на обекти, осъществяващи точни въртеливи движения“, XXV Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и Метрологично осигуряване“, 2015, 7-11.09,2015 Созопол, 70 год. ТУ София, стр. 226-234
- [42] Христо Радев и колектив, „Измерване на геометричните параметри на голямо габаритни ротационни детайли тип „пръстен““, XXV Национален научен симпозиум с международно участие „Метрология и Метрологично осигуряване“, 2015, 7-11.09,2015 Созопол, 70 год. ТУ София, стр. 235-239
- [43] Kazakova S., Kamenova I., Klochkov L., Stoimenov N., Popov B., Sokolov B., Application of 3D Industrial Tomography In Dental Medicine., International Scientific Conference “Industry 4.0”, 13-16 December 2017, Borovets, Bulgaria, pp. 187-190, ISSN: 2535-0021 (Print), 2535-003X (Online), Publisher: Scientific Technical Union of Mechanical Engineering Industry – 4.0
- [44] Nikon Metrology Brochure http://www.nikonmetrology.com/en_EU/Products/X-ray-and-CT-Inspection/Computed-Tomography/XT-H-225-ST-Industrial-CT Scanning/, (последно посетен 01.2022)
- [45] (<https://www.livescience.com/39810-fused-deposition-modeling.html>)
- [46] <https://all3dp.com/fdm-vs-sla/>, (последно посетен 01.2022)
- [47] <https://www.fargo3dprinting.com/choose-fdm-sla-desktop-3d-printers/>, (последно посетен 01.2022)
- [48] Опитът на японските корпорации „Тошиба“ и Сейко, книжка 5/93, Издателство „Център по качеството и производителността“, С., 1993, Издателство стандартизация
- [49] Г. Дюкенджиев, Р. Йорданов „Контрол и управление на качеството“, сп. Софттрейд, 2002 год.
- [50] И. Малаков, Г. Дюкенджиев, Ф. Флеминг, Р. Йорданов „Класификация на методите за определяне на технико- икономическите показатели за качество при проектиране на технически изделия“, научни измествия, НТСМ, година XIII, брой 10/93, ноември 2006 г., „ННТКМУ“, Автоматизация на дискретното производство, АДП 2006, ноември 2006, София ISSN-13-10-3946 (27-33).
- [51] Н. Коцев, Е. Ринкова, Е. Грънчаров, „Анализ и оценка на риска на заключалки на шахтни врати на асансьори“, сборник доклади АДП 2008г., НТКМУ, Семково- септември 2008 г. ISSN-13-10-3946 (277-283).
- [52] В. В. Брагин, Ф. Чабон, „ Оценка риска и последствий отказов комплексной системы, конструкций, процессов, Ярославль, 1997.
- [53] К. Димитров, Д. Данчев, „Надеждност на строителни машини и системи“, Техника, С., 1994 г.
- [54] Б. Савова, Е. Евгениев, „Оценка на професионалния риск“, Издателска къща „Шанс“ АД, С., 2008

- [55] Е. Евгениев, Б. Савова и В. Кущарова, „Оценка на професионалния риск“ част втора, Издателска къща „Шанс АД, Сл., 2011, ISBN 978-954-92179-6-4
- [56] <http://www.efnms.eu/>, (последно посетен 01.2022)
- [57] Cold Rolled Steel". Archived from the original on 7 April 2014. Last visited 31 March 2018.
- [58] How innovation works: And why flouris in freedom, Copyright ©, Matt Ridley, 2020; ISBN: 978-954-28-3274-4
- [59] БДС, EN, IEC 60812. Методи и анализ на надеждността на системите. Процедура за анализ на видовете откази и последиците от тях (FMEA).
- [60] БДС, EN, IEC 61025. Анализ чрез дървото на отказите (FTA).
- [61] <http://bg.buildingplateexporter.com/info/differences-between-hot-rolledcoil-and-cold-r-22051379.html>, (последно посетен 01.2022)
- [62] Liu, David Lipták, Béla G. (1997). Environmentalengineers' handbook. CRC Press. p. 973. ISBN 978-0-8493.
- [63] CRCA Steel - Cold Rolled and Close Annealed".materialgrades.com. 4 November 2017.Archived from the original on 15 November 2017. Last visited 29 April 2021.
- [64] Hot Rolled vs Cold Rolled Steel. spaco.org. Archived from the original on 29 April 2018. Last visited 29 April 2021.
- [65] Eagleson, Mary (1994). Concise encyclopedia chemistry). Walter de Gruyter. p. 834. ISBN 978-3-11-011451-5.
- [66] BDS EN 10130: 2006
- [67] BDS EN 10139: 1997
- [68] http://www.splav-kharkov.com/en/e_mat_start.php?name_id=356, (последно посетен 01.2022)
- [69] БДС EN 10131:2006
- [70] БДС EN EN10140
- [71] BDS EN 10025
- [72] BDS EN 10111: 2009
- [73] BDS EN 10305-3
- [74] BDS EN 10305-5
- [75] http://www.sa-inco.com/en/pickling-_cleaning-lines/projects/12, (последно посетен 01.2022)
- [76] <http://www.sa-inco.com/en/rolling-mills/projects/1>, (последно посетен 01.2022)
- [77] ИЗМЕРВАНЕ НА ТВЪРДОСТ НА МЕТАЛИ И СПЛАВИ, Сп. Инженеринг ревю - брой 9, 2013
- [78] Учебна литература по металознание / материалознание (31)
- [79] Христов, С.Г., Изпитване и дефектоскопия на металите, С., Техника, 1988.
- [80] <https://www.hardnesstesters.com/>, (последно посетен 01.2022)
- [81] <http://www.sa-inco.com/en/annealing-and-heating-ovens/projects/3>, (последно посетен 01.2022)
- [82] <http://www.elmaksan.net/contact-us/>, (последно посетен 01.2022)
- [83] <http://www.olimpia80.com/>, (последно посетен 01.2022)
- [84] <https://www.danieli.com/en/worldwide/business-units/danieli-centro-tube.htm>, (последно посетен 01.2022)
- [85] Дюкенджиев Г., Йорданов Р., Методи за анализ на измервателни системи. Оценка на възможностите и приложения
- [86] проф. д.т.н. Хр. Радев, Метрология и измервателна техника, книга- справочник, Том 1, 2, 3, София, Софтрейд, 2002
- [87] Семерджиев А., Автоматизация на контрола в машиностроенето, сп. Техника, 1990
- [88] https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%8A%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D0%B0 (последно посетен 01.2022)
- [89] METINVEST HOLDING LLC, <https://metinvestholding.com/bg/media/news/chto-takoe-goryachekatanij-stalnoj-prokat-i-kak-on-proizvoditsya>, (последно посетен 01.2022)
- [90] S. Moir, J. Preston, Surface defects—evolution and behaviour from cast slab to coated strip, 125 (2002), pp. 720-724
- [91] <https://stomanaengineering.com/>
- [92] Завод „Стомана Индъстри“ АД, гр. Перник, България <https://stomanaengineering.com/>, (последно посетен 01.2022)
- [93] H. Yu, X. Liu, X. Ren, Behaviour of longitudinal cracks on slab surfaces in V-H rolling processes, Steel Res. Int., 2 (2008), pp. 537-544, 10.2374/SRI07SP066-79-2008-xx

- [94] M.Nioia, S.Celottob, C.Pinnaa, E.Swartb, H.Ghadbeigia, Journal of Materials Processing Technology, Volume 249, November 2017, Surface defect evolution in hot rolling of high-Si electrical steels, Pages 302-312
- [95] S. Shainu, T.K. Roy, B.K. Dey, R.K. Sharma, N.C. Gorain, S. Dhar, C.V. Sastry, Study on Slab Surface Defects and Generation of FeO Type Slivers in Hot Rolled Coils Tata Steel Ltd., Jamshedpur (2008)
- [96] S.-L. Lee, J. Choi, Deformation analysis of surface defect on hot rolling by 3-D FEM simulation, Rev. Metall. Cah. Inf. Tech., 105 (2008), pp. 127-135, 10.1051/metal:2008025
- [97] Paneva M., Klochkov L., Methodology and experimental study of carbon steel in tension for technological preparation of a sample /test tube, XXIX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2020., 29.06-02.07 2020, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department “Automation of Discrete Production Engineering“ Mechanical Engineering Faculty, Technical University – Sofia, pp. 56-61
- [98] European standard - Metallic materials- Tensile testing- Part 1: Method of test at room temperature (EN ISO 6891-1:2009)J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [99] Paneva M., Research of Mechanical Characteristics in Tensile Tests of Low Carbon Steel Samples During Transformation from Hot Rolled to Cold Rolled Sheet Metal Method for testing the grinding media in mills, 8th International Conference on Mechanical Technologies and Structural Materials (MTSM 2018), Split, Croatia, September 27-28, 2018, Croatian Society for Mechanical Technologies, Croatia, ISSN: 1847-7917, pp. 153-158
- [100] Paneva M., Linear Plastic Deformation of Solid Body, Problems of Engineering Cybernetics and Robotics, 71, Prof. Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, ISSN:0204-9848, 2019, pp. 35-42
- [101] Балеvски А., Металознание. Изд. „Техника“, София, (1975) (5-то издание).
- [102] Будуров Ст., Спасов Т.. Увод в химията на твърдото тяло. Университетско издателство „Н. Рилски“, Благоевград, (1997), ISBN: 954-680-080-5.
- [103] Феликс Н., Арсов Я.. Планиране на експеримента в технологията на металите. Изд. „Машиностроение“, Москва, изд. „Техника“, София, (1981).
- [104] Zlateva, G., Martinova Зл., Microstructure of Metals and Alloys. An Atlas of Transmission Electron Microscopy Images. CRS Press, Taylor & Francis Group, (2008), ISBN: 978-1-4200-7556-4.
- [105] Арсов, Я.Б. Стоманени отливки. Изд. „Техника“, София, 1974.
- [106] <https://bg.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BB%D1%86%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B5>, (последно посетен 01.2022)
- [107] M. Zhaoa, L. Huanga, Ch. Li, J. Li, P. Li, Evaluation of the deformation behaviors and hot workability of a high-strength low-alloy steel, Materials Science and Engineering: A, 810 (2021), p. 141031
- [108] D.X. Wen, J.K. Wang, K. Wang, Y.B. Xiong, L. Huang, Z.Z. Zheng, J.J. Li, Hot tensile deformation and fracture behaviors of a typical ultrahigh strength steel, Vacuum, 169 (2019), p. 108863
- [109] 3D Systems <https://www.3dsystems.com/software/geomagic-control-x>, (последно посетен 01.2022)
- [110] J. C. Maxwell, 1892, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, pp. 68–73.
- [111] Laboratory SmartLab at the ICT-BAS (last visited December 2021) – https://www.iict.bas.bg/rius/smartlab_en.html
- [112] Stoimenov N., Panev P., Karastoyanov D., Software for 3D Modeling, Simulation and Optimization, XXVII International Scientific and Technical Conference, ADP - 2018., June 21-24th 2018, Sozopol, Bulgaria., pp. 329-334, ISSN – 13 10 -3946.
- [113] Paneva M, Panev P, Stoimenov N, Survey of the Geometric Characteristics of a Test Specimen Before Punch Sharpenings, V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE "INDUSTRY 4.0", 09-12.12.2020, BOROVS, BULGARIA, ISSN: 2535-0153, pp. 245-248
- [114] M. Paneva, N. Stoimenov, Hardness Of Working Rolls For Cold Rolling Mill, 8th International Conference, ICAT'19 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, August 26-30, E-ISBN: 978-605-68537-4-6, 2019 pp. 203-206
- [115] <https://metalin.com/bg/pages/Kakvo-predstavlyava-protzesat-na-strugovane>
- [116] доц. Д. Неделчев, катедра ТМММ, ТУ-Варна: Тема 3. Стругови операции. Характеристики и възможности на процеса. Елементи на технологичната система, 2014. ,
- [117] Д. Георгиев, Д. Неделчев, Ст. Славов. „Технология на машиностроенето I част“.
- [118] Ан. Диков, „Технология на машиностроенето“, Година на издаване 2007; Брой на страници: 410;ISBN: 9789543340538; Издател: Софтрейд.

- [119] ДИПЛОМНА РАБОТА на тема: „Устройство за повърхностна обработка на фино - механични детайли с неправилна форма” 2008 г.
- [120] Михайлов, Вл., „Шлифоване на външни и вътрешни цилиндрични повърхнини”, 1965 г.
- [121] БДС_EN_22768-2
- [122] Атанасов, Ж., „Абразивна обработка на металите”1979/80 г.
- [123] <https://intraLink.bg/podavaschi-abrazivi-za-bezcentrovi-shlajfove.html>, (последно посетен 01.2022)
- [124] БДС EN ISO 4287:2006
- [125] В. Анчев, В. Тошков, Л. Василева, Ж. Захаридова, Ж. Калейчева, Й. Николов, Р. Петров, В. Симеонов, Ръководство за лабораторни упражнения по Материалознание, ИК „КИНГ“, 335 стр
- [126] Assoc. Prof. Eng. Ivelin Ivanov, Materials resistance, lecture notes for the specialties HERE and II, 2006.
- [127] Ръководство за работа Универсална машина WdW-300
- [128] Bruker, <https://www.bruker.com/en/products-and-solutions/elemental-analyzers/optical-emission-spectrometers/q2-ion.html>, (последно посетен 01.2022)
- [129] Manual for Spectrum Analyzer device.
- [130] David Roylance, Mechanical Properties of Materials, 2008
- [131] J. Whitney, H. Whitney, A Handbook of Mathematical Methods and Problem-Solving Tools for Introductory Physics, Copyright © 2016 Morgan & Claypool Publishers Online ISBN: 978-1-6817-4281-6 • Print ISBN: 978-1-6817-4280-9
- [132] Todor Penchev, I. Altaparmakov, N. Stoimenov, Controlled Impact: Experimental Results in plastic deformation, XXVIII International Scientific Conference of the Faculty of Industrial Technology of TU-Sofia – FIT`2015, Sozopol, Bulgaria, 11-13 September 2015, pp.151-156, ISBN: 978-619-167-178-6
- [133] N. Stoimenov, B. Popov, V. Yosifova, Controlled High-Temperature Sintering of Boron Carbide, 23rd International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2019), MATEC Web Conf. 292 03005 (2019), eISSN: 2261-236X, DOI: 10.1051/mateconf/201929203005
- [134] Stoimenov N., Gyoshev S., Penchev T., Contactless measurement of temperature during cold plastic deformation., Scientific Proceedings, NDT days 2016, Number 1 (187), June 2016, ISSN 1310-3946, pp. 449-450
- [135] Karastoyanov D., Gyoshev S., Penchev T., Altaparmakov I.. Innovative Impact Processes: Machines, Theory, Experiments, Modeling. Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 2016, ISBN:978-954-322-860-7, 111
- [136] Gyoshev S.. Theory of Controlled Impacts. PROBLEMS OF ENGINEERING CYBERNETICS AND ROBOTICS, 67, 2016, ISSN:0204-9848, 11-18
- [137] Penchev T., Karastoyanov D., Gyoshev S., Altaparmakov I., (2016). Monography – Innovative Impact Processes: Machines, Theory, Experiments, Modeling, Academy publishing house, Sofi, ISBN 978-954-322-860-7
- [138] Karastoyanov D., Ivanova D., Stoimenov N., (2015). Technology for production of high-temperature materials and alloys including nano elements., Recent Advances in Systems,19th International Conference on Systems (part of CSCC`15), Zakynthos Island, Greece, July 16-20, pp. 177-181, ISSN: 1790-5117, ISBN: 978-1-61804-321-4.
- [139] Stoimenov N., Karastoyanov D., Vukov A., Neshkov T., Klochkov L., Gyoshev S., (2014).
- [140] Thermographic Study Of Rolls on Roller Batteries., XII International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements., Nis, Serbia, November 12th-14th, pp 25-28, ISBN 978-86-6125-117-7
- [141] Gyoshev S., Penchev T., Karastoyanov D, (2014). Study of parameters of controlled impact by impact deformation of elastic and elastic-plastic materials. 5th European Conference of Mechanical Engineering (ECME' 14), November 22-24, Florence, Italy, p. 113-119, ISBN: 978-960-474-402-2
- [142] Marcheva Y., Loukaycheva M., Tsonev V., Dimova B., The influence of magnesium alloy AE42 test specimens deformation magnitude on their microstructure, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 878 012065, 2020
- [143] https://en.wikipedia.org/wiki/File:Laminage_schema_gene.svg. (последно посетен 01.2022)
- [144] Ruzic J., Stoimenov N., Advanced copper matrix composites, 2016 “Prof. Marin Drinov” Publishing house of Bulgarian Academy of Sciences, ISBN 978-954-322-859
- [145] Hristov S., Testing and Flaw Detection of Metals, Technika, (1988)
- [146] Paneva M., Klochkov L., Methodology and experimental study of carbon steel in tension for technological preparation of a sample /test tube, XXIX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2020., 29.06-02.07 2020, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department

- [147] “Automation of Discrete Production Engineering“ Mechanical Engineering Faculty, Technical University – Sofia, pp. 56-61
- [148] <http://www.insize.com/>, (последно посетен 01.2022)
- [149] Markus Grüber, Gerhard Hirt, Investigation of correlation between material properties, process parameters and residual stresses in roller leveling, *Procedia Manufacturing*, Volume 15, Pages 844-851, ISSN 2351-9789, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.180>, 2018.
- [150] José Lucio Gonçalves, José Daniel Biasoli de Mello, Henara Lillian Costa, Wear in cold rolling milling rolls: A methodological approach, *Wear*, Volumes 426–427, Part B, Pages 1523-1535, ISSN 0043-1648, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2018.12.005>, 2019.
- [151] TECHNOCRAFT INTERPRISES Quality Certificate
- [152] NKMZ Quality Certificate
- [153] SIJ RAVNE SYSTEMS, Hardness Conversion Table - <https://sij.ravnesystems.com/assets/Uploads/Hardness-Conversion-Table.pdf>, (last visited August 2019)
- [154] Paneva M. and Panev P., MECHANICAL TREATMENT AND ROUGHNESS OF WORKING ROLLS FOR REVERSE MILL FOR COLD ROLLING, XXX International Scientific and Technical Conference, ADP - 2021., 29.06 ÷ 02.07.2021, Sozopol, Bulgaria., Publishing house of TU-Sofia ISSN – 2682-9584, Publisher Department “Automation of Discrete Production Engineering“ Mechanical Engineering Faculty, Technical University – Sofia, pp. 38-42
- [155] Helpos.com, (2008) THESIS on the topic: "Device for surface treatment of fine - mechanical parts with irregular shape". (last visited April 2021)
- [156] Ruseva Sl., Papazyan K., Atanasov Ass., Petkova St.,(1988) ESKD, Handbook of design documentation, State Publishing House "TECHNIQUE", Sofia
- [157] https://www.hahn-kolb.net/-/DIAVITE-Compact-II/5521CL04_040801020102.cvid/5521.cgid/bg/BG/EUR/ (last visited November 2021)
- [158] X. Renab, Y. Huangac, X. Zhangac, H. Licd, Y. Zhao, Influence of shear deformation during asymmetric rolling on the microstructure, texture, and mechanical properties of the AZ31B magnesium alloy sheet, *Materials Science and Engineering: A*, 800 (2021), p. 140306
- [159] J. Alberto, M. Martina, A. N. Schelled, H. G. Brokmeiercd, R. E. Bolmaro, Comparison of a low carbon steel processed by Cold Rolling (CR) and Asymmetrical Rolling (ASR): Heterogeneity in strain path, texture, microstructure and mechanical properties, *Journal of Manufacturing Processes*, 64 (2021), Pages 557-575
- [160] M. Zhaoa, L. Huangac, Ch. Li, J. Li, P. Li, Evaluation of the deformation behaviors and hot workability of a high-strength low-alloy steel, *Materials Science and Engineering: A*, 810 (2021), p. 141031
- [161] D.X. Wen, J.K. Wang, K. Wang, Y.B. Xiong, L. Huang, Z.Z. Zheng, J.J. Li, Hot tensile deformation and fracture behaviors of a typical ultrahigh strength steel, *Vacuum*, 169 (2019), p. 108863
- [162] Acatech (Hrsg.) (2015) Smart Maintenance für Smart Factories Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben acatech POSITION, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg].
- [163] Berger, R. (2014). INDUSTRY 4.0: The new industrial revolution How Europe will succeed. http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4.0_20140403.pdf. (последно посетен 01.2022)

Abstracts of Dissertations

Number 2, 2022

INSTITUTE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ

ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

Брой 2, 2022

Автореферати на дисертации