

# THE EFFECT OF HEAT TREATMENT ON THE IMPACT STRENGTH OF ADI

GIĘTKATomasz<sup>1</sup>, CIECHACKI Krzysztof<sup>1</sup>, GUMIENNY Grzegorz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of Science and Technology in Bydgoszcz, Mechanical Engineering Faculty, Department of Materials Science and Engineering, Bydgoszcz, Poland, EU, <u>tgietka@utp.edu.pl</u> <sup>2</sup>Technical University of Łódź, Department of Materials Engineering and Production Systems, Łódź, Poland, EU

### Abstract

This publication attempts to investigate the effect of heat treatment parameters on the impact strength of ADI. Ductile iron was tempered with isothermal transformation according to two variants. Both variants of heat treatment consisted of two-stage austenitizing. Iron was cured at  $t_A = 950^{\circ}$ C, then gradually cooled to a temperature of the supercritical  $t_{A'}= 850$ , or  $800^{\circ}$ C (in the latter variant). Isothermal transformation was carried out under the same conditions. Isothermal hardening was carried out at 300 or 400°C and resisting the time of from 7.5 to 240 min. During these studies, the impact energy of the sample was notched. The results were compared with values given in the standard PN EN 1564 : 2012.

Keywords: ADI, impact test, isothermal transformation, austempered parameters

### 1. INTRODUCTION

ADI (Austempered Ductile Iron) is a type of ductile iron with a ferritic-austenitic matrix structure, characterized by a favourable combination of high strength, satisfactory ductility and fracture toughness. The wide ranging mechanical properties of ADI are achieved by a properly selected cycle of heat treatment leading to the formation of the final microstructure, which is a mixture of stable austenite and lamellar ferrite in the form of "needles" (ausferrite). The type of microstructure obtained is to a great extent controlled by the chemical composition of the base ductile iron and the parameters of the heat treatment process. This process consists of austenitizing in the temperature range of 800 - 950°C (pearlite - austenite transformation) and austempering in the temperature range of 230-400°C (austenite - ferrite transformation) [1-5, 7, 8, 12].

In the cast iron hardening operation, the austenitizing treatment that consists in heating at the temperature higher than Ac<sub>1</sub> should enrich austenite with carbon up to the limit determined by the E'S' line and uniform the metal matrix. During the heating, the cast iron with the initial ferritic microstructure only carbon atoms from graphite segregations are diffused to the austenite. The metal matrix austenitizing process and the role of graphite in its carbonisation are described in study [2].

The effect of cast iron austenitizing depends on the chemical composition, initial structure, granular graphite dispersion, heating temperature and time, as well as the uniformity of elements distribution in the eutectic grains and the size of matrix grains. A classical method of austenitizing before the isothermal transformation is single-stage austenitizing [1, 2, 12].

The analysis of the impact of austenite content on the impact resistance or impact energy of the ADI cast iron, including the austenitizing temperature, ausferritizing temperature and time in the upper and lower ausferrite range, was the subject of research in the study [2-7].

The chemical composition of ductile non-alloy cast iron is mainly restricted to the C, Si, Mn, S and P content. From the point of view of austenitizing at isothermal hardening, carbon, silicon and manganese are of particular importance.

To increase the treatment time range and thus the austenite content in the ADI cast iron matrix, the following elements were introduced: Mn, Mo and Cu [2, 4, 5], as well as Cu and Ni [8].



The objective of this study is to examine the impact of the variable conditions of two-stage austenitizing at two isothermal hardening temperatures in the upper and lower ausferrite range. The impact resistance of the samples was tested at the ambient temperature for one grade of isothermally hardened non-alloy ductile cast iron.

The research issues are directly related to the quality of the cast material in the production process.

# 2. MATERIAL, PROGRAMME AND TEST METHOD

One heat of ductile cast iron was assumed for the research. The cast iron was melted in a medium frequency induction furnace with the capacity of 3.5 t. The cast iron was spheroidised with manganese mortar VL53M (bell method, in a slim ladle) and modified with ferro-silicon FeSi75. The cast iron was cast into "wet" forms, reflecting YII samples in accordance with PN-EN 1563:2012 [11]. The chemical composition of the cast iron heat obtained was determined using a SPECTROLAB M5 spark spectrometer. The shares of the particular elements are given in **Table 1**.

	Chem	Coefficients								
С	Si	Mn	Р	S	Mg	Sc	Ce			
3.65	2.59 0.182 0.027		0.027	0.014	0.043	1.06	4.47			
Mechanical properties										
R <sub>m</sub> , (MPa)		A5, (%)		H, (H	IV10)	KCG, (J/cm <sup>2</sup> )				
507		12.1		15	56	106				

Table 1 Composition and mechanical properties after casting ductile cast iron

The cast iron as-cast had a ferritic-perlite (10%) matrix structure and a correct granular graphite form (volume share 11.5%, 112 segregations/mm<sup>2</sup> microsection surface). The ductile cast iron microstructure is shown in **Figure 1**.



Figure 1 Structure of the cast iron as-casted, microscopic magnification 250x, etched with nital

YII billets were cut according to **Figure 2** to prepare impact resistance samples with the dimensions of  $10 \times 10 \times 55$  mm without a notch and the results obtained were compared with the minimum values specified in PN EN 1564:2012.





Figure 2 The method of taking impact resistance samples without a notch from YII billets

Impact resistance samples were hardened with an isothermal transformation, in accordance with the diagram shown in **Figure 3**. The heat treatment variants tested had the same nominal austenitizing temperature (T<sub>A</sub>) of 950°C, after 60 minutes samples were cooled down to two different temperatures (T<sub>A1'</sub> = 850°C and T<sub>A2'</sub> = 800°C), the austenitizing time after cooling down was 30 minutes. At the next stage, the samples were moved from silicone carbide chamber furnace to a bath furnace with SO140 salt bath for ausferritizing. The parameters that characterised ausferritizing were two ausferritizing temperatures (T<sub>AF1</sub> = 400°C and T<sub>AF2</sub> = 300°C), as well as six ausferritizing times (t<sub>AF</sub> = 7.5; 15; 30; 60; 120; 240 minutes). For each treatment, impact resistance measurements were made on three samples from one YII billet.



Figure 3 Hardening diagram with the isothermal transformation of impact resistance samples

The impact resistance test was made with a PSW 300 Charpy V-notch with the maximum impact energy of 300 J. The selected impact resistance sample breakthroughs were observed using a scanning electron microscope (SEM).

### 3. TEST RESULTS AND THEIR ANALYSIS

The impact resistance in the function of ausferritizing time and temperature for two different austenitizing output temperatures are shown in **Figures 4 and 5**.





Figure 4 Impact strength in the function of ausferritizing time (t<sub>AF</sub>) and ausferritizing temperature (T<sub>AF</sub>) for  $T_{A'} = 800^{\circ}C$ 



Figure 5 Impact strength in the function of ausferritizing time (t\_{AF}) and ausferritizing temperature (T\_{AF}) for  $T_{A'} = 850^{\circ}C$ 

To evaluate the impact of three independent variables treated as numerical variables ( $T_{A'}$ ,  $T_{AF}$ ;  $t_{AF}$ ) for one dependent variable (KCG), it was decided to specify the following regression equation (1).



 $y_n = f(X1_n, X2_n, X3_n)$ 

where:

 $y_n$  - corresponds to the KCG impact resistance value, J/cm<sup>2</sup>;

 $X1_n$  - corresponds to the austenitizing temperature after cooling down  $T_{A1'} = 850^{\circ}C$  or  $T_{A2'} = 800^{\circ}C$ ;

 $X2_n$  - corresponds to the ausferritizing temperature T<sub>AF1</sub> = 400°C or T<sub>AF2</sub> = 300°C;

 $X3_n$  - corresponds to the ausferritizing time t<sub>AF</sub> = 7.5; 15; 30; 60; 120; 240 minutes.

The research plan included one full experiment, meaning **24** experiments (the so-called SUBCLASSES) (because  $2 \cdot 2 \cdot 6 = 24$ ). Each experiment consisted of **three** *KCG* impact resistance measurements. Thus, overall:  $3 \cdot 24 = 72$  impact resistance measurements were made. For statistical evaluation, the statistical significance level (type I error) was assumed: p ( $\alpha$ ) < 0.05 [10]. Statistical calculations were made in licensed statistical suites: Statistica v. 7.1 PL by StatSoft and MedCalc Statistical Software v.14.10.2 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium).

A condition to use variance analysis for factorial systems is the homogeneity of the variance of the tested attribute in the particular groups. It was tested with two Levene's and Bartlett's tests (**Table 2**). In the former and in the latter case, the value was p > 0.05, therefore was no reason to reject the hypothesis of the homogeneity (equality) of variance.

Homogeneity of variance, Levene's test	MS Effects	MS Error	F	р
KCG	13.218	8.122	1.627	0.0773
Bartlett's test of homogeneity of variance	Bartlett Chi-kw.	df		p
KCG	27.6	23.00	0.2	304

Table 2 Checking the hypothesis of the homogeneity of variance of the given attribute in particular groups

The next stage included the variance analysis of factorial systems (Table 3).

Effects	SS	Degrees of Freedom	MS	F	р
Free term	350240.6	1	350240.6	10047.04	0.0000
Τ <sub>Α'</sub>	3040.4	1	3040.4	87.22	0.0000
Тағ	29010.3	1	29010.3	832.19	0.0000
taf	6915.2	5	1383.0	39.67	0.0000
ΤΑ'-ΤΑΓ	849.2	1	849.2	24.36	0.0000
Ta <sup></sup> taf	53.2	5	10.6	0.30	0.9076
TAF·TAF	826.6	5	165.3	4.74	0.0013
T <u>a'</u> Taf taf	152.3	5	30.5	0.87	0.5056
Error	1673.3	48	34.9		1 1 1
SS -is for Sum of Sa	uares Within aroups:	MS - is for Mea	an Souare With	nin aroups	

**Table 3** The results of the variance analysis of factorial systems

Additionally, a Tukey's post-hoc test was performed, the results of which are shown in **Table 4**.

(1)



No.	Factors			No. Subclass											
subclass	T <sub>A'</sub>	T <sub>AF</sub>	t <sub>AF</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	800°C	300°C	7,5	p =	1,0000	0,6590	0,0146	0,0615	0,0111	0,0154	0,0002	0,0006	0,1966	0,9893	0,9944
2	800°C	300°C	15	1,0000	p =	0,9893	0,1349	0,3801	0,0877	0,0012	0,0002	0,0002	0,0238	0,6590	0,7736
3	800°C	300°C	30	0,6590	0,9893	p =	0,9771	0,9998	0,8773	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0204	0,0532
4	800°C	300°C	60	0,0146	0,1349	0,9771	p =	1,0000	1,0000	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0006
5	800°C	300°C	120	0,0615	0,3801	0,9998	1,0000	p =	1,0000	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0005	0,0021
6	800°C	300°C	240	0,0111	0,0877	0,8773	1,0000	1,0000	p =	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0005
7	800°C	400°C	7,5	0,0154	0,0012	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	p =	0,0029	1,0000	1,0000	0,5914	0,8263
8	800°C	400°C	15	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0029	p =	0,0671	0,0003	0,0002	0,0002
9	800°C	400°C	30	0,0006	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	1,0000	0,0671	p =	0,8945	0,0720	0,2161
10	800°C	400°C	60	0,1966	0,0238	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	1,0000	0,0003	0,8945	p =	0,9928	0,9993
11	800°C	400°C	120	0,9893	0,6590	0,0204	0,0002	0,0005	0,0003	0,5914	0,0002	0,0720	0,9928	p =	1,0000
12	800°C	400°C	240	0,9944	0,7736	0,0532	0,0006	0,0021	0,0005	0,8263	0,0002	0,2161	0,9993	1,0000	p =
13	850°C	300°C	7,5	1,0000	0,9967	0,2392	0,0020	0,0097	0,0019	0,0914	0,0002	0,0042	0,5914	1,0000	1,0000
14	850°C	300°C	15	1,0000	0,9971	0,2458	0,0021	0,0101	0,0019	0,0884	0,0002	0,0041	0,5817	1,0000	1,0000
15	850°C	300°C	30	1,0000	1,0000	0,5914	0,0110	0,0478	0,0086	0,0204	0,0002	0,0008	0,2392	0,9948	0,9973
16	850°C	300°C	60	0,7758	0,9974	1,0000	0,9409	0,9984	0,7954	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0336	0,0800
17	850°C	300°C	120	0,0929	0,4898	1,0000	1,0000	1,0000	0,9999	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0008	0,0032
18	850°C	300°C	240	0,0110	0,1235	0,9858	1,0000	1,0000	1,0000	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004
19	850°C	400°C	7,5	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0011	1,0000	0,0273	0,0002	0,0002	0,0002
20	850°C	400°C	15	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0695	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
21	850°C	400°C	30	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0068	1,0000	0,1328	0,0004	0,0002	0,0002
22	850°C	400°C	60	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,1672	0,9974	0,8230	0,0124	0,0002	0,0009
23	850°C	400°C	120	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,9985	0,1481	1,0000	0,7149	0,0300	0,1128
24	000 0	400 0	240	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,9717	0,1670	1,0000	0,4000	0,0050	0,0304
No.		Factors		No. Subclass											
Subclass	<u> </u>	1	-												
	T <sub>A'</sub>	T <sub>AF</sub>	t <sub>AF</sub>	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	т <sub>а'</sub> 800°С	T <sub>AF</sub> 300°C	t <sub>AF</sub> 7,5	<b>13</b> 1,0000	<b>14</b> 1,0000	<b>15</b>	<b>16</b> 0,7758	<b>17</b> 3 0,0929	18 9 0,011	19 0 0,000	20 2 0,000	21 2 0,0002	22 0,0002	23 0,0003	24 0,0002
1	T <sub>A'</sub> 800°C 800°C	т <sub>ағ</sub> 300°С 300°С	t <sub>AF</sub> 7,5 15	<b>13</b> 1,0000 0,9967	<b>14</b> 1,0000 0,9971	<b>15</b> 1,0000 1,0000	<b>16</b> 0,7758 0,9974	17 0,0929 0,4898	<b>18</b> 9 <b>0,011</b> 8 0,123	19 0 0,000 5 0,000	20 2 0,0002 2 0,0002	21 2 0,0002 2 0,0002	22 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002	24 0,0002 0,0002
1 2 3	T <sub>A'</sub> 800°C 800°C 800°C	T <sub>AF</sub> 300°C 300°C 300°C	t <sub>AF</sub> 7,5 15 30	<b>13</b> 1,0000 0,9967 0,2392	<b>14</b> 1,0000 0,9971 0,2458	<b>15</b> 1,0000 1,0000 0,5914	<b>16</b> 0,7758 0,9974 1,0000	17           0,0928           0,4898           1,0000	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985	19           0         0,000           05         0,000           08         0,000	20 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002	21 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002	24 0,0002 0,0002 0,0002
1 2 3 4	T <sub>A'</sub> 800°C 800°C 800°C 800°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C	t <sub>AF</sub> 7,5 15 30 60	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9409	17           0,0929           0,4898           1,0000           1,0000	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           0         1,000	19           0         0,000           55         0,000           68         0,000           00         0,000	20 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002	21 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002
1 2 3 4 5	T <sub>A'</sub> 800°C           800°C           800°C           800°C           800°C           800°C           800°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C	t <sub>AF</sub> 7,5 15 30 60 120	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0097	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9409           0,9984	17           3         0,0925           4         0,4895           0         1,0000           1         1,0000           4         1,0000	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           0         1,000           0         1,000	19           0         0,000           05         0,000           08         0,000           00         0,000           00         0,000           00         0,000	20 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002	21 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002
1 2 3 4 5 6	T <sub>A'</sub> 800°C 800°C 800°C 800°C 800°C 800°C 800°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C	t <sub>AF</sub> 7,5 15 30 60 120 240	13 1,0000 0,9967 0,2392 0,0020 0,0097 0,0019	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9409           0,9984           0,7954	17           3         0,0929           4         0,4898           0         1,0000           0         1,0000           4         0,9999	18           9         0,011           8         0,123           0         0,985           0         1,000           0         1,000           9         1,000           9         1,000	19           0         0,000           35         0,000           68         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000	20           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002	21 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002
1 2 3 4 5 6 7	Ta'           800°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C	t <sub>AF</sub> 7,5 15 30 60 120 240 7,5	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0097           0,0019           0,0914	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0204	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9409           0,9984           0,7954           0,7954           0,0002	17           0,0928           0,4898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0998           2           0,0002	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           0         1,000           0         1,000           0         1,000           0         1,000           0         0,000	19           0         0,000           5         0,000           8         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000	20           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002	21 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0002 2 0,0068	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717
1 2 3 4 5 6 7 8	Ta'           800°C	TAF           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C	t <sub>AF</sub> 7,5 15 30 60 120 240 7,5 15	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0097           0,0019           0,0914           0,0002	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0204           0,0002	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9409           0,9984           0,7954           0,7954           0,0002           0,0002	17           0,0928           0,4898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,9998           0,09098           0,0002           0,0002	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           0         1,000           0         1,000           0         1,000           0         1,000           0         0,000           2         0,000           2         0,000	19           0         0,000           5         0,000           68         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           12         1,000	20           2         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           10         0,0002	21           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0008           5         1,0000	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672 0,9974	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670
1 2 3 4 5 6 7 8 9	Ta'           800°C	TAF           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C	t <sub>AF</sub> 7,5 15 30 60 120 240 7,5 15 30	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0097           0,0019           0,0914           0,0002           0,0042	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0004	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0204           0,0002           0,0008	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9409           0,9409           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002	17           0,0929           0,4898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,09999           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	18           0,011           0,011           0,023           0,985           0           1,000	19           0         0,000           05         0,000           08         0,000           00         0,000           00         0,000           00         0,000           00         0,000           01         0,000           02         0,000           02         0,002           02         0,027	20           2         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           12         0,0002           10         0,0002           13         0,0002	21           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0005           1,0000           2           0,1328	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672 0,9974	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	TA'           800°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0019           0,0914           0,0002           0,0002           0,0014           0,0020           0,0021	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,00041           0,5817	15           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0204           0,0002           0,0008           0,2392	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9409           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	17           0,0929           0,0489           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,9999           0,0000           0,0000           0,0000           0,0000           0,0000           0,0000           0,0000	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           0         1,000           1         1,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000	19           0         0,000           5         0,000           8         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           12         0,001           12         0,027           12         0,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           1         0,0002           3         0,0002           2         0,0002	21           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,00068           5         1,0000           2         0,1328           2         0,0004	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672 0,9974 0,8230 0,0124	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	TA'           800°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C	t <sub>AF</sub> 7,5 15 30 60 120 240 7,5 15 30 60 120	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0097           0,0019           0,0019           0,0014           0,0002           0,0002           0,0014           0,0015           0,0016           0,0017           0,0018           0,0019           0,0014           0,0015           0,0016           0,0017	14 1,0000 0,9971 0,2458 0,0021 0,0101 0,0019 0,0884 0,0002 0,0041 0,5817 1,0000	15           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0204           0,0002           0,0008           0,0204           0,0008           0,0204           0,0008           0,0204           0,0008           0,0204           0,0008           0,0204	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0004           0,0004           0,0004	17           0,0929           0,04898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0999           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	18           9         0,011           8         0,123           0         0,985           0         1,000           1         1,000           1         1,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           3         0,000	19           0         0,000           15         0,000           15         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           12         1,000           12         0,027           12         0,000           12         0,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           3         0,0002           2         0,0002           2         0,0002	21           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0008           1,0000           0,1328           0,0004           0,0004	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672 0,9974 0,8230 0,0124 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0058
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	TA'           800°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0097           0,0019           0,0019           0,0019           0,0002           0,0002           0,0002           0,0014           0,0002           0,0014           0,0002           0,0014           0,0015           0,0016           1,0000           1,0000	14 1,0000 0,9971 0,2458 0,0021 0,0101 0,0019 0,0884 0,0002 0,0041 0,5817 1,0000 1,0000	15           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0204           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	17           0,0929           0,4898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0003           0,0003	18           9         0,011           8         0,123           0         9,885           1         0,000           1         1,000           1         1,000           1         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000	19           0         0,000           15         0,000           15         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           12         1,000           12         0,027           12         0,000           12         0,000           12         0,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           3         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002	21           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,1328           0,0004           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672 0,9974 0,8230 0,0124 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,1128	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0058 0,0364
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13	TA'           800°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0097           0,0019           0,0019           0,0014           0,0002           0,00042           0,5914           1,0000           1,0000           p =	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0001           0,0002           0,0001           1,0000           1,0000           1,0000	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0002           0,0008           0,2044           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	17           0,0929           0,4898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,00032           0,0032           0,0158	18           9         0,011           8         0,123           0         0,985           1         0,000           1         1,000           1         1,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           3         0,000           4         0,000           5         0,000           6         0,000           7         0,000           8         0,000           8         0,000	19           0         0,000           5         0,000           8         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           1,000         2           2         0,0027           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           3         0,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           1         0,0002           3         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002	21           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0004           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672 0,9974 0,8230 0,0124 0,0002 0,0002 0,0009 0,0009	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,1128 0,0016	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0058 0,0058
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14	Ta'           800°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0019           0,0914           0,0002           0,0014           0,0014           0,0014           0,0014           1,0000           1,0000           p =           1,0000	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0884           0,0002           0,0041           0,5817           1,0000           1,0000           1,0000	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0204           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           1,0000	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9409           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0004           0,0004           0,0004           0,0004           0,0004           0,0004           0,0004           0,0004           0,0336           0,0342           0,3422	17           0,0923           0,4898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,09993           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0003           0,0158           0,0164	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           1         0000           1         1,000           1         1,000           1         1,000           1         0,000           2         0,000           2         0,000           3         0,000           2         0,000           3         0,000           4         0,001	19           0         0,000           5         0,000           55         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           12         0,001           12         0,0027           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           13         0,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           1         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002	21           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0004           2         0,0004           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672 0,9974 0,8230 0,0124 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,1128 0,0016 0,0015	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0058 0,0058 0,0003 0,0003
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	Ta'           800°C	TAF           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C           300°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0019           0,0914           0,0002           0,0014           0,0014           1,0000           1,0000           p =           1,0000           1,0000	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0019           0,0884           0,0002           0,0041           0,5817           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000	15           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0204           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           1,0000           0,9973	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0336           0,3342           0,3423           0,7145	17           0,0929           0,0489           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0999           0,0002           0,0002           0,0003           0,0003           0,0003           0,0156           0,0164           0,0732	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           0         1,000           0         1,000           1         0,000           2         0,0000           2         0,0000           2         0,0000           2         0,0000           3         0,0000           4         0,001	19           0         0,000           5         0,000           55         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           12         0,001           12         0,0027           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           13         0,000           14         0,000           15         0,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           1         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002	21           2         0,0002	22           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0124           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,1128 0,0016 0,0015	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0058 0,0058 0,003 0,0003 0,0003
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	TA'           800°C           850°C           850°C           850°C           850°C	TAF           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C           300°C           300°C           300°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0019           0,0914           0,0002           0,0014           0,0014           0,0014           0,0014           0,0014           0,0015           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0342	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0041           0,5817           1,0000           1,0000           1,0000           0,3423	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0020           0,00204           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           1,0000           0,0149	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0004           0,03342           0,3422           0,7148           p =	17           0,0929           0,04898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0999           0,0002           0,0002           0,00032	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           0         1,000           1         1,000           1         1,000           1         0,000	19           0         0,000           5         0,000           55         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           10         0,000           12         1,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           13         0,000           14         0,000           15         0,000           16         0,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           1         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002	21           2         0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672 0,9974 0,8230 0,0124 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,7149 0,0300 0,1128 0,0015 0,0004 0,0002	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0058 0,0364 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	TA'           800°C           850°C           850°C           850°C           850°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0097           0,0019           0,0914           0,0002           0,0002           0,0002           0,0019           0,0019           0,0019           0,0014           0,0002           0,0014           0,0002           0,0014           1,0000           1,0000           0,3342           0,0158	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0001           0,0002           0,0001           0,0002           0,0001           0,0002           0,0001           0,0001           1,0000           1,0000           0,3423           0,0164	15           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0024           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           p=           0,7149           0,0732	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0342           0,7145           P =           0,9997	17           0,0929           0,04898           0,10000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0002           0,0002           0,0003           0,00158           0,0158           0,01732           0,09997           p =	18           9         0,011           8         0,123           0         9,985           0         1,000           0         1,000           1         1,000           1         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           3         0,000           4         0,001           2         0,008           3         0,001           4         0,001           2         0,008           7         0,956           1,000         1,000	19           0         0,000           15         0,000           15         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           12         1,000           12         0,001           12         0,000           12         0,000           12         0,000           13         0,000           14         0,000           15         0,000           16         0,000           17         0,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           3         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002	21           2         0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672 0,9974 0,8230 0,0124 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,1128 0,0016 0,0015 0,0004 0,0002	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0058 0,0058 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18	TA'           800°C           850°C           850°C           850°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           30           60           120           240	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0097           0,0019           0,0019           0,0019           0,0012           0,0012           0,0014           1,0000           1,0000           1,0000           0,3342           0,0138	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0019           0,0884           0,0002           0,0041           0,5817           1,0000           1,0000           1,0000           0,3423           0,0164           0,0014	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           p =           0,7149           0,0732           0,0081	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0342           0,3422           0,7148           p =           0,9997           0,99567	17           0,0929           0,04898           0,1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0002           0,0002           0,0003           0,00032           0,00156           0,00156           0,00157           0,9991           7           p=           1,0000	18           9         0,011           8         0,123           0         9,885           1,000         1,000           1,000         1,000           1,000         1,000           1,000         1,000           1,000         0,000           2         0,000           3         0,000           4         0,001           2         0,000           3         0,001           4         0,001           2         0,008           3         0,001           2         0,000           3         0,001           4         0,001           2         0,008           3         0,001           4         0,001           5         0,008           6         0,008           7         0,956           1,0000         0	19           0         0,000           15         0,000           15         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           12         1,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           14         0,000           17         0,000           10         0,000           11         0,000           12         0,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           3         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002	21           2         0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,7149 0,0300 0,1128 0,0016 0,0015 0,0004 0,0002 0,0002	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0058 0,0058 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19	TA'           800°C           850°C           850°C           850°C           850°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           30           60           120           240           7,5	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0019           0,0019           0,0014           0,0002           0,0014           0,0002           0,0014           0,0012           0,0014           1,0000           1,0000           1,0000           0,3342           0,0138           0,00013	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0001           0,0002           0,0001           1,0000           1,0000           0,3423           0,0164           0,0014           0,0014	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0002           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           p =           0,7149           0,0732           0,00081           0,00081	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0336           0,3422           0,7145           p =           0,9997           0,9567           0,0002	17           0,0929           0,04898           0,1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0999           0,0002           0,00032           0,00032           0,0156           0,0156           0,0156           0,0156           0,0157           0,9997           7           1,00002           2,00002	18           9         0,011           8         0,123           0         0,985           1,000         1,000           0         1,000           1,000         1,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           3         0,001           4         0,001           4         0,001           1,000         0,956           1,000         0,9=           2         0,000	19           0         0,000           5         0,000           6         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           2         0,001           2         0,0027           2         0,000           2         0,000           2         0,000           3         0,000           4         0,000           11         0,000           12         0,000           13         0,000           14         0,000           15         0,000           16         0,000           17         0,000           10         0,000           12         0,000	20           2         0,0002	21           2         0,0002	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,1128 0,0016 0,0015 0,0004 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0058 0,0058 0,0033 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	Ta'           800°C           850°C           850°C           850°C           850°C           850°C	TAF           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0019           0,0914           0,0012           0,0014           0,0014           0,0015           0,0014           1,0000           p =           1,0000           0,3342           0,0138           0,0013           0,0002	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0011           0,0884           0,0002           0,0001           0,05817           1,0000           1,0000           0,3423           0,0164           0,00014           0,0002           0,0002	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0024           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           1,0000           0,9732           0,0732           0,0031           0,0032           0,0031	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0004           0,03342           0,7148           p =           0,9997           0,9567           0,0002	17           0,0929           0,04898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,09999           0,0002           0,0002           0,00032	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           0         1,000           1         1,000           1         1,000           1         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           3         0,000           4         0,001           4         0,002           1,000         1,000           0         p=           2         0,000	19           0         0,000           5         0,000           6         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           0         0,000           12         0,001           12         0,001           12         0,0027           12         0,000           14         0,000           15         0,000           10         0,000           11         0,000           12         0,000           13         0,000           14         0,000           15         0,000           16         0,000           17         0,000           18         0,000           19         0,000           10         0,000           12         0,1555	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           1         0,0002           2         0,0002	21           2         0,0002           0,0002         0,0002           2         0,0002	22           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0124           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,7149 0,0300 0,1128 0,0015 0,0001 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0058 0,0058 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21	TA'           800°C           850°C           850°C           850°C           850°C           850°C           850°C	TAF           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C           400°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0019           0,0914           0,0012           0,0014           0,0014           0,0015           1,0000           1,0000           1,0000           0,0342           0,0158           0,0013           0,0002           0,0002	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0014           0,5817           1,0000           1,0000           1,0000           0,3423           0,0164           0,0014           0,0002           0,00014           0,0002           0,0002	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0020           0,00204           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           1,0000           0,0732           0,0732           0,00081           0,0002           0,0002	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0004           0,03342           0,3423           0,7145           p =           0,9997           0,9567           0,0002           0,0002	17           0,0929           0,04898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0999           0,0002           0,00033           0,00032	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           0         1,000           1         1,000           1         1,000           1         0,000           1         0,000           1         0,000           2         0,000           3         0,000           4         0,001           2         0,000           3         0,001           4         0,001           2         0,000           3         0,001           4         0,001           2         0,002           1,000         0,956           1,000         0,956           2         0,000           2         0,000           2         0,000	19           0         0,000           15         0,000           15         0,000           16         0,000           17         0,000           18         0,000           19         0,000           10         0,000           10         0,000           12         1,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           13         0,000           14         0,000           15         0,000           16         0,000           17         0,000           18         0,000           19         0,000           10         0,000           12         0,155           12         1,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           3         0,0002           2         0,0002	21           2         0,0002      1	22 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,1672 0,9974 0,8230 0,0124 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,7149 0,0300 0,1128 0,0015 0,0015 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0660 0,0002	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0364 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22	TA'           800°C           850°C	TAF           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C           400°C           400°C           400°C	taf           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0019           0,0914           0,0012           0,0014           0,0015           0,0012           0,0014           0,0015           0,0010           1,0000           1,0000           0,0342           0,0138           0,0013           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0001           0,0002           0,0001           0,0001           1,0000           1,0000           0,3423           0,0164           0,00014           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	15           1,0000           0,5914           0,0100           0,0478           0,0020           0,0204           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           1,0000           0,9732           0,0732           0,0081           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0336           0,3342           0,3423           0,7148           p =           0,9997           0,9567           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	17           0,0929           0,04898           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0999           0,0003           0,000	18           9         0,011           3         0,123           0         0,985           0         1,000           1         1,000           1         1,000           1         1,000           1         0,000           1         0,000           2         0,000           3         0,000           4         0,001           2         0,000           3         0,000           4         0,001           2         0,000           1,000         0,956           1,000         0,956           1,000         0,956           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000	19           0         0,000           15         0,000           15         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           12         1,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           14         0,000           15         0,000           10         0,000           11         0,000           12         0,000           12         0,000           13         0,000           14         0,000           15         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           3         0,0002           2         0,0002	21           2         0,0002           1         1,0000           0         0,9399	22           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0974           0,8230           0,0124           0,0002	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,3000 0,7149 0,3000 0,7149 0,3000 0,7149 0,00015 0,00015 0,00015 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,2662 0,2515	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0364 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0004 0,0003 0,0003 0,0003 0,0003 0,0003 0,0003 0,0003 0,0003 0,
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23	TA'           800°C           850°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C	tar           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           30           60           120           240           7,5           30           60           120           240           7,5           30           60           120	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0019           0,0914           0,0012           0,0014           0,0015           0,0012           0,0014           0,0015           1,0000           1,0000           0,3342           0,0138           0,00022           0,00022           0,00022           0,00022           0,00022           0,00022           0,00022           0,00023	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0001           0,0002           0,0001           0,0002           0,0001           1,0000           1,0000           0,03423           0,0164           0,00014           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	15           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0020           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           p=           0,7149           0,0002           0,0003           0,0004           0,0002           0,0003           0,0004           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0342           0,7145           P =           0,9997           0,9567           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	17           0,0929           0,04898           0,10000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0999           0,0003           0,00158           0,0158           0,0158           0,00732           0,00732           0,00732           0,0002	18           9         0,011           8         0,123           0         0,985           0         1,000           1         1,000           1         1,000           1         1,000           1         0,000           2         0,000           2         0,000           3         0,000           4         0,001           4         0,001           2         0,000           3         0,001           4         0,001           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000	19           0         0,000           15         0,000           15         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           12         1,000           12         1,000           12         0,000           12         0,000           12         0,000           14         0,000           15         0,000           10         0,000           11         0,000           12         0,000           13         0,000           14         0,000           15         0,000           16         0,000           17         0,000           10         0,000           12         0,155           12         1,000           12         0,970           12         0,066	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           3         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           3         0,0016           3         0,0016	21           2         0,0002	22           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0974           0,8230           0,0124           0,0002           0,00010           0,9999           p =           0,9515	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,7149 0,0300 0,7149 0,0300 0,7149 0,00015 0,00015 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0660 0,0002 0,2662 0,9515 p =	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0003 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0003 0,0002 0,0003 0,0002 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0002 0,0003 0,0002 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,
1 2 3 4 5 6 7 8 9 9 10 11 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24	TA'           800°C           850°C           850°C	T <sub>AF</sub> 300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           300°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C           400°C	tar           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240           7,5           15           30           60           120           240	13           1,0000           0,9967           0,2392           0,0020           0,0097           0,0019           0,0019           0,0019           0,0014           0,0002           0,0014           0,0002           0,0014           1,0000           1,0000           0,3342           0,0138           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,00016           0,0003	14           1,0000           0,9971           0,2458           0,0021           0,0101           0,0019           0,0884           0,0002           0,0001           0,0002           0,0001           1,0000           1,0000           1,0000           0,03423           0,0164           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0003	15           1,0000           1,0000           0,5914           0,0110           0,0478           0,0086           0,0002           0,0008           0,2392           0,9948           0,9973           1,0000           p =           0,7149           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	16           0,7758           0,9974           1,0000           0,9984           0,7954           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0342           0,3422           0,7148           p =           0,9997           0,9002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002	17           0,0929           0,04898           0,1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           1,0000           0,0002           0,0002           0,0003           0,0003           0,0003           0,00156           0,00156           0,00157           0,00164           0,00172           0,0002	18           9         0,011           8         0,123           0         9,985           1,000         1,000           1,000         1,000           1,000         1,000           1,000         1,000           1,000         1,000           1,000         0,000           1,000         0,000           1,000         0,000           1,000         0,000           1,000         0,000           1,000         0,956           1,000         0,956           1,000         0,956           1,000         0,956           1,000         0,956           1,000         0,956           1,000         0,956           1,000         0,956           1,000         0,956           1,000         0,956           1,000         0,900           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000           2         0,000	19           0         0,000           15         0,000           15         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           10         0,000           12         1,000           12         0,001           12         0,000           12         0,000           14         0,000           15         0,000           10         0,000           11         0,000           12         0,155           12         1,000           12         0,0155           12         0,0155           12         0,0155           12         0,0155           12         0,0155           12         0,0166           12         0,0166           12         0,0166	20           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           3         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           2         0,0002           3         0,0002           4         0,0002	21           2         0,0002	22           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,0002           0,01672           0,9974           0,8230           0,0124           0,0002           0,001	23 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,9985 0,1481 1,0000 0,7149 0,0300 0,7149 0,0300 0,7149 0,0300 0,7149 0,0015 0,0015 0,00015 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0660 0,0002 0,2662 0,9515 p = 1,0000	24 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0717 0,1670 1,0000 0,4008 0,0003 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0002 0,0003 0,0002 0,0002 0,0003 0,0002 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0003 0,0003 0,0002 0,0003 0,0002 0,0003 0,0002 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0003 0,0003 0,0002 0,0002 0,0002 0,0003 0,0002 0,

# Table 4 Results of inter-class comparisons according to the Tukey's post-hoc test

The tests of the impact of heat treatment on ADI cast iron impact resistance and the statistical analysis of the results enabled the description of the mechanical property with the following equation (2):



$$KCG = T_{A'} \cdot \mathbf{0.2721} + T_{AF} \cdot \mathbf{0.4102} - t_{AF} \cdot \mathbf{0.0915} - \mathbf{290}, \frac{J}{cm^2}$$
(2)

For the specified equation, a correlation coefficient was determined, the value of which was R=0.9298, when the determination coefficient was  $R^2=0.8646$ . This proves a strict correlation between the dependencies examined. A correct statistical evaluation with this method requires a rest distribution similar to normal distribution. For confirmation, a rest normality plot was plotted for a multi-coefficient regression function, which is shown in **Figure 6**.



Figure 6 Rest normality plot for a multi-coefficient regression function

Very good equation alignment (2) is also confirmed by the predicted values vs observed values plot (Figure 7).





Figure 7 Predicted values vs observed values plot



### 4. CONCLUSION

By analysing only linear factors (without interaction), it is possible to ascertain that the first parameter, i.e. the ausferritizing temperature increase ( $T_{AF}$ ), and the second parameter, i.e. austenitizing temperature after cooling down ( $T_{A'}$ ), has a statistically significant impact on the increase of the impact resistance. The impact of the second parameter on the impact resistance is almost three times lower than of the first parameter. Extending the ausferritizing time ( $t_{AF}$ ) causes the impact resistance to lower. Isothermal transformation hardening from a lower austenitizing temperature still ensures a relatively high strength, but also an exceptionally high impact resistance, above the minimum values specified in PN-EN 1564:2012 [11]. For example, the minimum value required for the EN-GJS 1400-1 grade is 35 J/cm<sup>2</sup>. Very favourable heat treatment effects result from the formation of an ausferritic matrix in the entire eutectic grains area.

### ACKNOWLEDGEMENTS

## I would like to sincerely thank Jan Szymszal, Professor of the Silesian University of Technology, PhD. Eng., for his help in the statistical analysis of the results.

### **REFERENCE LIST**

- [1] PODRZUCKI C., Żeliwo. Struktura, własności, zastosowanie, t.l i II, Wyd. ZG STOP, Kraków, 1991.
- [2] DYMSKI S., Analysis of the influence of austempering parameters on selected mechanical properties of ADI, Archives of Foundry Engineering, 2004, Vol. 4, Book 12, PAN - Katowice, PL ISSN 1642-5308, pp. 155 - 166.
- [3] DYMSKI S., ŁAWRYNOWICZ Z., GIĘTKA T., Impact strength of ADI, Archives of Foundry Engineering, 2006, Vol. 6, No. 21 (1/2), PAN - Katowice, PL ISSN 1642-5308, pp. 369 - 376.
- [4] GIĘTKA T., CIECHACKI K., SZYKOWNY T., The influence of temperature breaking on impact strength of ADI, Archives of Foundry Engineering, Vol. 15, Special Issue 2/2015 ISSN (1897-3310), pp. 87 - 92.
- [5] BATRA U., RAY S., PRABHAKAR S.R., Impact properties of copper-alloyed and nickel-copper alloyed ADI. Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 16, Issue 4, 2007, pp. 485 - 489.
- [6] DELLA, M., ALAALAM, M., GRECH, M., Effect of Austenitizing Conditions on the Impact Properties of an Alloyed Austempered Ductile Iron of Initially Ferric Matrix Structure, Journal of Materials Engineering and Perfomance, Vol. 7, 1998, pp. 265 - 272.
- [7] SOKOLNICKI M., GUZIK E., Austempered Ductile Iron to Work in the Conditions of Dynamic Load, Archives of Foundry Engineering, Vol.14, Special Issue 4/2014 ISSN (1897-3310), pp. 115 - 118.
- [8] OLEJARCZYK-WOŻEŃSKA I., ADRIAN A., ADRIAN H., MRZYGŁÓD B., Parametric representation of TTT diagrams of ADI cast iron, Archives of Metallurgy and Materials, Vol. 57, No. 2, 2012, pp. 613-617.
- [9] OLEJARCZYK-WOŻEŃSKA I., ADRIAN A., ADRIAN H., MRZYGŁÓD B., Algorithm for controllingthe quench hardening process of constructional steels, Archives of Metallurgy and Materials, Vol. 55, No. 1, 2010, pp. 171-179.
- [10] MALIŃSKI M., SZYMSZAL J., Współczesna statystyka matematyczna w medycynie w arkuszach kalkulacyjnych. Wyd. Śląskiej Akademii Medycznej. Katowice 1999.
- [11] PN-EN 1564:2012, Founding Ausferritic spheroidal graphite cast Irons.
- [12] KRZYŃSKA A., KOCHAŃSKI A., Austenitization of ferritic ductile iron, Archives of Foundry Engineering, Vol. 14, Issue 4/2014 ISSN (2299-2944), pp. 49 - 54.