

Franciszek GROSMAN  
Jerzy HERIAN

Instytut Inżynierii Materiałowej  
Politechniki Śląskiej

WPLYW PARAMETRÓW WALCOWANIA  
NA GORĄCO NA STRUKTURĘ I WŁASNOŚCI BLACH ZE STALI  
Mn-Si-Cr-Mo

**Streszczenie.** Na podstawie zaplanowanego eksperymentu całkowitego typu 2<sup>3</sup> przeprowadzono analizę wpływu parametrów przeróbki plastycznej na gorąco - wielkości gniotu stosowanego w przepuście temperatury końca walcowania i sposobu chłodzenia na strukturę i własności mechaniczne blach ze stali typu Mn-Si-Cr-Mo. Do oceny struktury zastosowano metody metalografii ilościowej, własności mechaniczne określono w statycznych próbach rozciągania. Przeprowadzona analiza pozwoliła określić kierunek i siłę oddziaływania badanych parametrów procesu technologicznego na strukturę i własności blach oraz ustalić parametry procesu zabezpieczające uzyskanie materiałów o wymaganym poziomie własności.

## 1. Wstęp

Z danych literaturowych wynika, że istotny wpływ na strukturę oraz poziom własności blach ze stali Mn-Si-Cr-Mo i Mn-Si-Cr mają parametry walcowania na gorąco i intensywność chłodzenia po walcowaniu. W publikacjach na temat tego zagadnienia zawarte są informacje dotyczące charakteru przebiegu przemian strukturalnych, jakościowego opisu uzyskiwanych struktur oraz poziomu otrzymywanych własności mechanicznych. Brak jest systematycznych badań pozwalających ustalić kierunek i intensywność oddziaływania poszczególnych parametrów przeróbki plastycznej przy zastosowaniu metod metalografii ilościowej. Na podstawie przeprowadzonych studiów literaturowych i badań własnych ustalono istotny wpływ gniotu i końcowej struktury walcowania oraz sposobu chłodzenia po walcowaniu na własności blach. Przyjmując te parametry procesu i metody planowania eksperymentu opracowano program badań. Badania przeprowadzono dla stali typu Mn-Si-Cr-Mo, która uważana jest za łatwiejszą do opanowania w procesie produkcyjnym ze względu na szersze zakresy zmienności parametrów technologicznych gwarantujących utrzymanie własności mechanicznych na wymaganym poziomie.

## 2. Materiał do badań

Materiał wyjściowy do badań stanowiły płaskowniki o przekroju 18x32 mm. Skład chemiczny materiału zawiera tablica 1.

Tablica 1

Skład chemiczny badanej stali (kontrolny)

Zawartość pierwiastków w %										
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	V	Mo	Cu	Al
0,045	0,92	1,20	0,015	0,015	0,48	0,025	0,01	0,38	0,05	0,012

## 3. Przebieg badań i plan eksperymentu

### 3.1 Plan eksperymentu

W celu określenia wpływu parametrów procesu walcowania na gorąco na strukturę i podstawowe własności mechaniczne stali Mn-Si-Cr-Mo przeprowadzono badania eksperymentalne, w których program badań opracowano opierając się na planowaniu dwupoziomym z zastosowaniem metody Boxa-Wilsona. Przeprowadzono eksperyment całkowity typu 2<sup>3</sup>.

Analizie poddano trzy parametry procesu technologicznego:

- gniot względny ( $\epsilon_n$ ) -  $X_1$ ,
- temperaturę końca walcowania ( $T_{kw}$ ) -  $X_2$ ,
- sposób chłodzenia po walcowaniu (P - na powietrzu, NW - natrysk wodny dwustronny do temperatury około 600°C i wytrzymanie w tej temperaturze w czasie 30 min, po czym dalsze chłodzenie na powietrzu) -  $X_3$ .

Szczegółowe dane, jak i plan eksperymentu zestawiono w tablicy 2.

Wartości poziomu podstawowego i kroku próbnego przyjęto na podstawie danych literaturowych i wstępnych badań własnych procesu walcowania na gorąco.

### 3.2. Przebieg procesów technologicznych

Próbki o wymiarach 18x32x400 mm nagrzewano w piecu syliowym do temperatury 1270°C, wygrzewając w czasie 20 minut. Walcowanie na grubość końcową 4,0 mm przeprowadzono w walcierce duo 420 stosując prędkość walcowania 0,6 m/s. W ostatnich dwóch przepustach stosowano założone wielkości gniotów 15 % lub 30 %, kończąc walcowanie w temperaturze 770° lub 840°C. Temperatura przemiany  $A_{r3}$  wynosiła 790°C, zatem koniec walcowania odbywał się w zakresie jednofazowym ( $\gamma$ ) lub dwufazowym ( $\alpha + \gamma$ ). Po walcowaniu zgodnie z eksperymentem próbki chłodzono na powietrzu lub natryskiem wodnym od góry i od dołu pasma do temperatury 500 - 600°C.

Plan eksperymentu całkowitego  $2^3$ 

Tablica 2

Parametry zmienne	$X_1(\epsilon_h) \%$	$X_2(T_{kw}) \text{ } ^\circ\text{C}$	$X_3(\frac{P}{NW})$
Krok podstawowy $X^0$	22,5	805	0
Krok próbny $X$	7,5	35	1
Poziom dolny $X^d$	15	770	-1
Poziom górny $X^g$	30	840	+ 1
Doświadczenie nr 1	15	770	- 1
Doświadczenie nr 2	30	770	- 1
Doświadczenie nr 3	15	840	- 1
Doświadczenie nr 4	30	840	- 1
Doświadczenie nr 5	15	770	+ 1
Doświadczenie nr 6	30	770	+ 1
Doświadczenie nr 7	15	840	+ 1
Doświadczenie nr 8	30	840	+ 1

**Uwaga:**

Zmienna  $X_3$  - sposób chłodzenia zamieszczony jest w tablicy po zakodowaniu. Wartość -1 oznacza chłodzenie na powietrzu (P), a +1 oznacza chłodzenie natryskiem wodnym (NW).

W tej temperaturze wytrzymywano materiał 30 minut, po czym chłodzono dalej na powietrzu. Temperaturę końca walcowania mierzono pirometrem firmy Gulton, a po chłodzeniu wodnym - pirometrem stykowym TERM.

**4. Metodyka i przebieg badań****4.1. Badania wytrzymałościowe**

W statycznej próbie rozciągania wyznaczono doraźną wytrzymałość na rozciąganie  $R_m$ , umowną granicę plastyczności  $R_{0,2}$ , wydłużenie  $A_5$  i prężenie  $Z$ .

Tablica 3

Własności mechaniczne stali w zależności od badanych parametrów procesu technologicznego

Nr doświadczenia	Parametry procesu			R <sub>m</sub> MPa	R <sub>0,2</sub> MPa	A <sub>5</sub> %	Z %
	ε <sub>h</sub> %	T <sub>kw</sub> °C	chłodzenie				
1	15	765	P	653	456	26,2	29,2
2	30	768	P	666	489	23,8	28,2
3	15	863	P	594	363	31,1	35,7
4	30	843	P	614	399	31,0	32,1
5	15	775	NW	626	427	25,4	31,3
6	30	770	NW	665	494	25,6	31,7
7	15	840	NW	651	425	28,4	32,4
8	30	840	NW	636	430	29,3	33,7

Dokładnego pomiaru wydłużeń dokonywano za pomocą czujnika indukcyjnego firmy Mohr-Federhaft. Średnie z wyników trzech prób rozciągania z przebadanych wariantów technologicznych przedstawiono w tablicy 3. Uzyskane wyniki posłużyły do przeprowadzenia analizy wpływu parametrów na następujące cechy wyników: R<sub>m</sub>, R<sub>0,2</sub>, A<sub>5</sub> i Z.

Przyjęto przybliżenie liniowe i równanie regresji wyrażono w postaci:

$$Y = K_0 + K_1 \cdot X_1 + K_2 \cdot X_2 + K_3 \cdot X_3$$

gdzie:

Y = R<sub>m</sub> lub R<sub>0,2</sub> lub A<sub>5</sub> lub Z,

X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub> - zmienne wejściowe po uprzedniej standaryzacji lub zakodowaniu (oznaczenie jak w programie badań),

Współczynniki regresji wielokrotnej po uprzedniej standaryzacji zmiennych wejściowych obliczano z zależności:

$$K_s = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^N X_{sn} Y_n$$

gdzie: K<sub>s</sub> - wartość współczynnika regresji s = 0, 1, 2, ..., (s=3),

N - liczba doświadczeń N = α<sup>s</sup> (N=8),

X<sub>sn</sub> - elementy macierzy planu po standaryzacji (przyjmuje wartość +1 lub -1),

Y<sub>n</sub> - elementy wektora wyników

Tablica 4

Współczynniki regresji i testy istotności cech wynikowych ( $\alpha = 0,05$ ,  
liczba stopni swobody  $f = 4$ ; wartość krytyczna  $t_{0,05;4} = 2,776$ )

Cecha wynikowa	Wyraz wolny $K_0$	Współczyn- nik regre- sji $K_1$	Statysty- ka t Stu- denta	Uwa- gi	Współczyn- nik regre- sji $K_2$	Staty- styka t Studenta	Uwa- gi	Współczyn- nik regre- sji $K_3$	Statysty- ka t Studenta	Uwa- gi
$R_{0,2}$	435,375	17,625	1,928	N	-31,125	-3,404	T	8,625	0,943	N
$R_m$	638,125	7,125	0,863	N	-14,375	-1,741	N	6,375	0,772	N
$A_{50}$	27,60	-0,175	-0,382	N	2,350	5,132	T	-0,425	-0,928	N
Z	31,788	-0,3625	-0,558	N	1,687	2,597	N	0,487	0,750	N

Uwaga:

N - oznacza nieistotnie różny od zera współczynnik regresji

T - oznacza istotnie różny od zera współczynnik regereji

Tablica 5

## Charakterystyka ilościowa uzyskanych struktur

Nr doświadczenia	Parametry procesu			Udział objętościowy martenzytu $V^M$ %	Średnia powierzchnia ziarn martenzytu $\bar{a}^M$ $\mu m^2$	Średnia powierzchnia ziarn ferrytu $\bar{a}^F$ $\mu m^2$
	$E_h$ %	$T_{kw}$ °C	sposób chłodzenia			
1	15	765	P	6,0	41	246
2	30	768	P	14,0	102	207
3	15	863	P	16,0	44	187
4	30	843	P	19,0	45	116
5	15	775	NW	14,0	62	117
6	30	770	NW	10,5	68	527
7	15	840	NW	17,5	45,5	86
8	30	850	NW	21,0	58	194

W celu uzyskania odpowiedzi, czy wpływ zmiennej niezależnej jest istotny na cechy wynikowe, przeprowadzono test t Studenta.

Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 4. Wnioski, jakie można wyciągnąć z opracowanych badań statystycznych, obowiązują jedynie w przyjętym zakresie zmienności parametrów uzyskiwanych w eksperymencie.

## 4.2 Badania strukturalne

Badania strukturalne obejmowały:

- obserwacje na mikroskopie świetlnym,
- ilościową ocenę struktur przy zastosowaniu automatycznego analizatora obrazu typu Quantimet 720,
- obserwacje na mikroskopie elektronowym transmisyjnym metodą cienkich folii.

Wyniki badań ilościowych struktur zestawiono w tablicy 5.

W celu uzyskania odpowiedzi, jak wpłynęły badane parametry procesu technologicznego na wyznaczone cechy wynikowe: (udział objętościowy drugiej fazy  $V^M$ , średnią powierzchnię płaskiego przekroju ziarna ferrytu -  $\bar{a}^F$  i drugiej fazy  $\bar{a}^M$ ), przeprowadzono obliczenia w sposób podobny jak w przypadku opracowania wyników z badań wytrzymałościowych. Obliczone dla kolejnych cech wynikowych ( $V^M$ ,  $\bar{a}^F$  i  $\bar{a}^M$ ) wartości współczynników regresji i testy istotności zestawiono w tablicy 6.

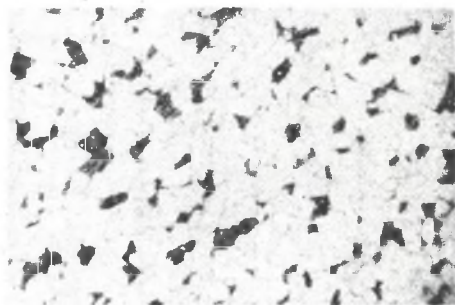
Tablica 6

Współczynniki regresji i testy istotności cech wynikowych  
 ( $\alpha = 0,05$   $f = 4$   $t_{0,05;4} = 2,776$ )

Cecha wynikowa	Wyraz wolny $K_0$	Współcz. regresji $K_1$	Statystyka t Studenta	Uwagi	Współcz. regresji $K_2$	Statystyka t Studenta	Uwagi	Współcz. regresji $K_3$	Statystyka t Studenta	Uwagi
$V_v$	14,750	1,375	1,339	N	3,535	3,530	T	1,000	0,974	N
$\bar{a}^M$	58,1875	10,0625	1,615	N	-10,0625	-1,615	N	0,1875	0,030	N
$\bar{a}^P$	210,00	51,00	1,032	N	-64,25	-1,301	N	21,00	0,425	N

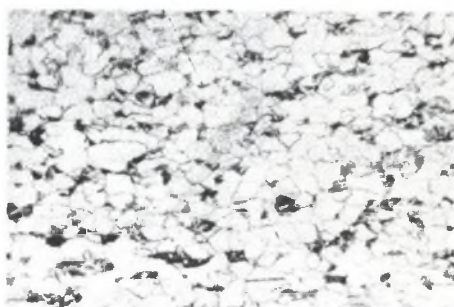
### 5. Omówienie wyników badań

Gradientowa optymalizacja parametrów walcowania na gorąco pozwala na uzyskanie następujących informacji: znak przy współczynniku regresji wskazuje kierunek oddziaływania, a wartość bezwzględna ocenia siłę oddziaływania.



Rys.1 Na granicach ziarn ferrytu pojedyncze duże wyspy martenzytu  
 $T_{kw} = 840^{\circ}\text{C}/\epsilon_n = 15\%/P$ . Pow.200x

Fig.1 Single ferrite grain boundaries with large  
 $T_{kw} = 840^{\circ}\text{C}/\epsilon_n = 15\%/P$  martensite clusters. Enlarged 200 times



Rys.2 Jednorodna wielkość ziarn ferrytu i wysp martenzytu

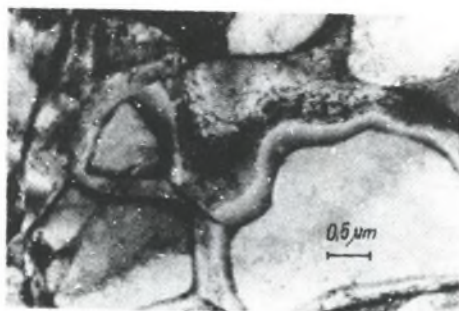
$T_{kw} = 840^{\circ}\text{C}/\epsilon_n = 15\%/NW - 550^{\circ}\text{C}$ . Pow.350x

Fig.2 Homogenous magnitude of ferrite grains and

$T_{kw} = 840^{\circ}\text{C}/\epsilon_n = 15\%/NW - 550^{\circ}\text{C}$  martensite clusters. Enlarged 350 times



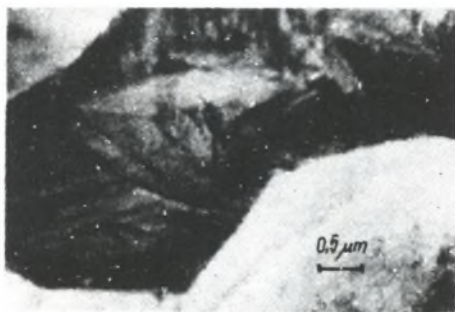
Analizując pod tym względem uzyskane wyniki (tablica 4.), można stwierdzić, że dla podwyższenia  $R_{0,2}$  i  $R_m$  należy stosować: górne wartości gniotów w ostatnich przepustach, dolną temperaturę końca walcowania i chłodzenie natryskiem wody.



Rys.3 Drobnziarnista struktura zrekrystalizowanego ferrytu

$T_{kw} = 845^{\circ}\text{C}/\varepsilon_n = 30 \text{ \%}/\text{P.}$  Pow. 17000x

Fig.3 Fine-grain structure of recrystallized ferrite.  $T_{kw} = 845^{\circ}\text{C}/\varepsilon_n = 30\% \text{ P}$  Enlarged 17000 times



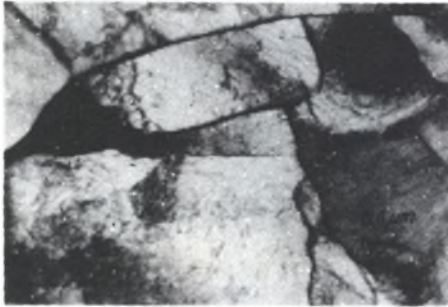
Rys.4 Fragment obszaru zawierającego silnie zdefektowany martenzyt listwo-

wy  $T_{kw} = 845^{\circ}\text{C}/\varepsilon_n = 30 \text{ \%}/$  Pow.17000x

Fig.4 Fragment of area which contains highly defected strip  
 $T_{kw} = 845^{\circ}\text{C}/\varepsilon_n = 30 \text{ \%}/$  martensite. Enlarged 17000 times

W celu podwyższenia  $A_5$  i  $Z$  należy kończyć proces walcowania w wysokich temperaturach, stosując dolne wartości gniotu. Chłodzenie natryskiem wody sprzyja zwiększeniu przewężenia, a na powietrzu wydłużenia.

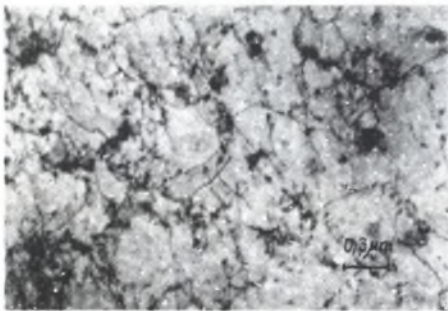
Na  $R_{0,2}$  i  $R_m$  wpływają w kolejności siły oddziaływania:  $T_{kw}$ ,  $\epsilon_n$  i sposób chłodzenia, a na  $A_5$  i  $Z$  kolejno:  $T_{kw}$ , sposób chłodzenia i  $\epsilon_n$  (tabl.4). Przeprowadzony dla poziomu istotności  $\alpha = 0,05$  test Studenta dla współczynników regresji wykazuje, że temperatura końca walcowania znacząco wpływa na  $R_{0,2}$  i  $A_5$ .



Rys.5 Drobnziarnista struktura ferrytu poligonalnego z prostoliniowymi niskoenergetycznymi dyslokacjami. Na styku ziarn ferrytu widoczny marten-  
zyt.  $T_{kw} = 845^\circ\text{C}/\epsilon_n = 30\%/\text{NW}-560^\circ\text{C}$ . Pow. 13000x

Fig.5 Fine-grain traversing ferrite structure with soft rectilinear dislocations. Martensite can be noticed at the grain contact.

$T_{kw} = 845^\circ\text{C}/\epsilon_n = 30\%/\text{NW}-560^\circ\text{C}$ . Enlarged 13000 times



Rys.6. W obrębie ziarn ferrytu sploty dyslokacji z drobnodispersyjnymi wydzieleniami węglików, prawdopodobnie typu VC.  $T_{kw} = 845^\circ\text{C}/\epsilon_n = 30\%/\text{NW} - 560^\circ\text{C}$  Pow. 33000x

Fig.6. Dislocation tangle in ferrite grains with fine dispersion carbide precipitations, probably of VC type.  $T_{kw} = 845^\circ\text{C}/\epsilon_n = 30\%/\text{NW}-560^\circ\text{C}$ .

Enlarged 33000 times

Z przeprowadzonych badań wynika, że badana stal osiąga poziom  $R_m$  około 600 MPa i  $A_5 \geq 30\%$  dla temperatury walcownia nieco powyżej  $A_{R3} = 790^\circ\text{C}$  i po chłodzeniu na powietrzu. Wytrzymałość na rozciąganie można zwiększyć o 50 MPa kosztem zmniejszenia  $A_5$  o 2 - 5 %, kończąc proces walcowania w temperaturze  $840^\circ\text{C}$  i stosując chłodzenie natryskiem wodnym do temperatury zwijania  $500 - 600^\circ\text{C}$ . Ten sam efekt można uzyskać kończąc walcowanie w temperaturze nieco poniżej  $A_{R3}$ , np.  $770^\circ\text{C}$  i chłodzenie na powietrzu.

Uzyskane struktury dla badanych wariantów technologicznych są typu ferrytyczno-martenzytycznego (rys.1 do 6), niezależnie od sposobu chłodzenia. Przy chłodzeniu próbek na powietrzu otrzymuje się strukturę drobnoziarnistego zrekrytalizowanego ziarna ferrytu (rys.3) z rozłożonym wyspowo w węzłach styku ziarn martenzytu. Ziarna ferrytu odznaczają się małą gęstością dyslokacji, a występujący martenzyt jest typu listwowego rys.4. Zwiększenie prędkości chłodzenia skutecznie hamuje zachodzące procesy rekrytalizacji (rys.5), co uwiadcza się dużą gęstością dyslokacji w obrębie ziarn ferrytu. W nich też ujawniono obecność dyspersyjnych wydzieleni prawdopodobnie węglików typu  $V_4C_3$  (rys.6). Udział objętościowy martenzytu w strukturze próbek chłodzonych po walcowaniu na powietrzu waha się w przedziale od 6 do 19 % (tabl.5). Stosowanie większej prędkości chłodzenia po walcowaniu (natrysk wodny) od zakresu  $500 - 600^\circ\text{C}$  powoduje wzrost udziału objętościowego martenzytu w strukturze od 10,5 do 21 % (tabl.5). Na udział objętościowy martenzytu w strukturze istotnie wpływa końcowa temperatura walcowania (tabl.6). Pozostałe parametry procesu: wielkość gniotu w ostatnich przepustach i sposób chłodzenia po walcowaniu mają mniejszy wpływ. Przeprowadzona analiza matematyczna nie wykazała istotnego wpływu parametrów procesu technologicznego na wielkość ziarn ferrytu i martenzytu. Tym niemniej obserwuje się drobniejsze ziarna ferrytu i wysp martenzytu dla końcowej temperatury walcowania, leżącej powyżej temperatury przemiany  $A_{R3}$ .

## 6. Podsumowanie

Poziom własności mechanicznych uzyskany w przedstawionych badaniach mieści się w zakresie własności podawanych w literaturze (tablica 7) dla stali typu Mn-Si-Cr-Mo. Wytrzymałość doraźna jest na poziomie  $R_m \geq 600$  MPa, a wydłużenie  $A_5 = 21-31\%$ . Struktura blach jest zależna w kolejności siły oddziaływania od temperatury końca walcowania, szybkości chłodzenia do temperatury zwijania i temperatury zwijania.

Na podstawie przeprowadzonych badań własnych i danych literaturowych [3,6,7,9,10] ze stali o badanym składzie chemicznym (tabl.1) można uzyskać blachy o strukturze ferrytyczno-martenzytycznej i poziomie własności  $R_m$  około 600 MPa i  $A_5 = 28 - 31\%$ , stosując następujące parametry procesu technologicznego:

Tablica 7

Podstawowy skład chemiczny stali Mn-Si-Cr-Mo, parametry procesu walcowania blach oraz ich własności osiągane przez producentów lub w badaniach różnych autorów

Wytwórca lub w badaniach, wyrób	Podstawowy skład chemiczny w %	Technologia	Własności		
			R <sub>0,2</sub> MPa	R <sub>m</sub> MPa	A <sub>5</sub> %
1	2	3	4	5	6
Bethlehem Steel USA 2,8x750-900 mm [8]	C = 0,05 - 0,065 Mn = 1,0 - 1,2 Si = 1,0 - 1,2 Cr = 0,25 - 0,35 Mo = 0,25 - 0,35	T <sub>kw</sub> = 840 - 950°C T <sub>zw</sub> = 510 - 610°C	390 370	620 600	27 28
Dofasco Kanada 2,46 - 3,43 mm [8]	C = 0,05 - 0,06 Mn = 1,30 - 1,37 Si = 1,37 - 1,39 Mo = 0,39 - 0,41 Cr = 0,52 - 0,60	w stanie walcowanym na gorąco	368 406	653 730	24 28
Hoesch-Estel. Holandia 2-5x745-2000 mm [8]	C = 0,10 Si = 1,20 Mn = 1,0 Cr = 0,39 Mo = 0,36	T <sub>kw</sub> = 840°C T <sub>zw</sub> = 550 - 620°C	385	690	29,5
Tither [2]	C <sub>max</sub> = 0,065 Mn = 1,10 Si = 1,00 Mo = 0,40 Cr = 0,50	T <sub>kw</sub> = 845 - 900°C T <sub>zw</sub> = 540 - 595°C	400 450	625 700	24 29

1	2	3	4	5	6
Avtar [8] 3,15; 4,0 mm	C = 0,06 Mn = 0,8 - 0,97 Si = 1,0 - 1,07 Cr = 0,44 - 0,50 Mo = 0,31 - 0,50	T <sub>kw</sub> = 870 - 900°C T <sub>zw</sub> = 470 - 550°C	340 420	570 610	31 26
Crawley [6] 2,5 mm	C = 0,07 Mn = 1,03 Si = 1,11 Mo = 0,42 Cr = 0,54	T <sub>kw</sub> = 870°C T <sub>zw</sub> = 565 - 600°C	240 290	600 587	23 28
Bruckner [5] 3,5 mm	C = 0,055 Mn = 1,03 Si = 0,90 Cr = 0,47 Mo = 0,36	T <sub>kw</sub> = 875 - 955°C T <sub>zw</sub> = 470 - 670°C	330 380	630 615	31 29
Wg autorów 4,0 mm	C = 0,045 Mn = 0,92 Si = 1,20 Cr = 0,48 Mo = 0,38	T <sub>kw</sub> = 840°C T <sub>zw</sub> = 550 - 600°C	380 420	610 640	31 28,5

- nagrzewanie do temperatury 1250 - 1280°C,
- temperaturę końca walcowania 820 - 900°C,
- temperaturę zwijania blach w kręgi 500 - 600°C
- chłodzenie natryskiem wodnym od temperatury końca walcowania do temperatury zwijania stosując szybkość chłodzenia powyżej 50°C/s.

## LITERATURA

- [1] Herian J.: Inżynieria Materiałowa. Wydawnictwo NOT Sigma Warszawa 1988, nr 6
- [2] Eldis G.T., Coldern A.P., Fletcher F.B.: Alloying and Transformation Control in Mn-Si-Cr-Mo As-Rolled Dual Phase Steels. Alloys For The Eighties Clima x Molybdenum Company. One Greenwich Plaza Greenwich Connecticut 1980.
- [3] Tither G., Coldern A.P., Morow J.W.: Continuous-Yielding Dual-Phase Strip Product. Iron and Steel Materials, 1979, August, s.16-25.
- [4] Takahasi I. i inni: Properties of Hot Rolled High Strength Sheets for Automotive. Usc. Kawasaki Steel Technical Report 1981, Nr 2, s.23-30
- [5] Vlad C.M.: Eigenschaften von direkt aus der Walzhitze erzeugten Dual-Phasen Stählen Stahl und Eisen 1982, T. 102, Nr 22, s.1101-1106.
- [6] Brückner F.G., Turrini W: Sperimentazione industriale di nastri a caldo Dual-Phase as rolled. Bollonia Technical Fin sider 1982, Gennaio-Aprile, s.50-54.
- [7] Crawley A.F. i inni: Microstructures properties and rolling mill requirements for same as-hot-rolled dual phase steels. Con. Metall. Quart., T.22, 1983, Nr 4, s.485-494.
- [8] Iron and Steel International 1981, nr 4, s.89-97.
- [9] Avtar B.R. i inni: Trans.-Iron-Steel INT Japan T.26, 1986, nr 9, s. 822-829.
- [10] Grosman F. i inni: Sprawozdanie z pracy n-b Nr 15/PP/84 Politechnika Śląska, Instytut Inżynierii Materiałowej, Katowice 1984.

INFLUENCE OF HOT ROLLING PARAMETERES  
UPON STRUCTURE AND PROPERTIRES OF Mn-Si-Cr-Mo SHEETS

## Summary

The influence of hot mechanical working parameters upon structure and mechanical properties of Mn-Si-Cr-Mo steel sheets have been analysed in this paper. The total experiment was of 2<sup>3</sup> type. Methods of quantitative metallography have been used for structure evaluation and mechanical properties were established by statistic tests of blocking out. The carried out analysis enabled to point out the direction and force of interaction for tested parameters of technological proces and its influence upon the structure and sheet properties as well as to establish the process parameters which seem to be optimal for obtaining the best properties.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ В ГОРЯЧЕМ  
СОСТОЯНИИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ЛИСТОВОЙ СТАЛИ ТИПА Mn-Si-Cr-Mo

Резюме

На основании запланированного полного эксперимента типа  $2^3$  проведен анализ влияния параметров пластической переработки в горячем состоянии - величины обжатия применяемого при пропуске, температуры конца прокатки и способа охлаждения на структуру и механические свойства листовой стали типа Mn-Si-Cr-Mo. Для оценки структуры применили метод количественной металлографии, а механические свойства определены в статических пробах на растяжение. Проведенный анализ позволил определить направление и силу воздействия исследуемых параметров на структуру и свойства листов а также определить параметры процесса, обеспечивающего получение материалов с требуемыми свойствами.