

Adam Radziejowski, Teresa Bentkowska-Lis
Politechnika Śląska

Tadeusz Musiał
Huta "Kościszko"

PORÓWNANIE WARIANTÓW ODLEWANIA STALI NA SZYNY W WARUNKACH HUTY "KOŚCISZKO"

Streszczenie. Huta "Kościszko" wytapia stal szynową w dwóch gatunkach. Jeden z nich poddaje się odgazowaniu w komorze próżniowej, drugi odlewany jest bez odgazowania. Stale te odlewane są do wlewnic zbieżnych ku górze bądź do wlewnic zbieżnych ku dołowi z nadstawkami. W ten sposób powstają cztery warianty odlewania stali szynowej. Porównanie uzysków oraz ilości wybraku w poszczególnych wariantach pozwala na wybranie wariantu optymalnego.

1. Wstęp

Stałe zwiększanie szybkości jazdy pociągów i obciążenia przypadającego na jedną oś powoduje zwiększenie wymagań stawianych szynom. Wprowadzenie trakcji elektrycznej i torów bezстыkowych wpłynęło na zwiększenie naprężeń w szynach stwarzając większe niebezpieczeństwo ich pęknięcia podczas eksploatacji. Główną przyczyną pęknięcia szyn są pozostałości jamy usadowej, nieciągłości zmęczeniowe i rysy powstające w główce szyny skutkiem rozwalcowania pęcherzy.

2. Wytapianie i odlewanie stali na szyny w Hucie "Kościszko"

Dostawcą największej ilości szyn na rynek krajowy, a w przyszłości jedynym w Polsce ich wytwórcą, jest Huta "Kościszko" w Chorzowie. Część produkowanych tam szyn przeznaczona jest również na eksport. Stal

na szyny S-60 wytapiana jest przez stalownię martenowską Huty "Kościuszk" w dwóch gatunkach i odlewana bądź do wlewnic typu WB-51 zbieżnych ku górze, bądź do wlewnic z nadstawkami typu S-60 zbieżnych ku dołowi. W ten sposób przy dwóch gatunkach stali i dwóch typach wlewnic otrzymujemy cztery różne warianty odlewania stali na szyny. Porównania tych wariantów przeprowadzono przez bilans i analizę uzysków na drodze wlewek-produkt gotowy, co pozwoliło na zorientowanie się w użyteczności i celowości stosowania danego wariantu. Analizie poddano 414 wytopów, co powinno wystarczyć do uznania otrzymanych wyników za miarodajne.

Wzrastające ciągle wymagania co do jakości szyn zmuszają jej producentów do poszukiwania nowych dróg w ich produkcji. Poprawę jakości szyn starano się uzyskać przez dobór odpowiedniego składu chemicznego stali na szyny, zmianę technologii odtleniania i odlewania stali, stosowanie modyfikatorów, zmianę technologii walcowania, zmianę profilu szyny oraz stosowanie kontrolowanego chłodzenia i obróbki cieplnej po walcowaniu. Wszystkie powyższe sposoby niewątpliwie wywierają korzystny wpływ na jakość i trwałość szyn i są stopniowo wprowadzane w Hucie "Kościuszk".

Jednym ze sposobów podwyższenia trwałości szyn jest zwiększenie ich wytrzymałości i odporności na ścieranie przez dobór odpowiedniego składu chemicznego stali przeznaczonej na szyny. Wiadomo, że dla stali szynowej powinna istnieć następująca zależność umożliwiająca osądzenie podwyższonych własności wytrzymałościowych [1]

$$E_C = C + 0,25 Mn \geq 0,92,$$

gdzie

E_C - ekwiwalent węglowy

C - zawartość węgla w stali

Mn - zawartość manganu w stali.

Z drugiej jednak strony przy tak znacznym podwyższeniu zawartości węgla i manganu wzrasta skłonność stali do powstawania pęknięć płatkowych.

Jak już wspomniano, Huta "Kościuszko" wytapia stal na szyny normalnotorowe w dwóch gatunkach: stal St72P (nie przeznaczoną do odgazowania) i stal o podwyższonej odporności na zużycie St90PA (przeznaczoną do odgazowania).

Skład chemiczny stali St72P:

C = 0,48 - 0,63%

Mn = 0,60 - 1,00%

Si_{min} = 0,10%

P_{max} = 0,05%

S_{max} = 0,05%.

Skład chemiczny stali St90PA:

C = 0,60 - 0,75%

Mn = 0,80 - 1,30%

Si = 0,17 - 0,50%

P_{max} = 0,05%

S_{max} = 0,05%.

Nadto w stali St90PA dla dotrzymania własności mechanicznych muszą być zachowane następujące zależności między zawartością manganu i węgla.

Dla zawartości węgla	0,60	0,64	0,72	0,75
Zawartość manganu min.	1,15	1,05	0,85	0,80
Zawartość manganu max.	1,30	1,20	1,00	0,95

Instrukcja technologiczna prowadzenia wytopów w tych gatunkach przewiduje dotrzymania następujących zaleceń:

Zawartość węgla w próbie po roztopieniu powinna wynosić 1,1%, przy niższej zawartości węgla wytopu nie można przeznaczać na stal szynową.

Dodatek kamienia wapiennego do wsadu powinien wynosić 10 kg na każde 0,1% Si w surówce.

Zasadowość żużla po roztopieniu powinna wynosić 1,8-2,2, a temperatura kąpieli w zależności od zawartości węgla - 1510 do 1530°C.

Jednorazowy dodatek rudy nie powinien przekraczać 20 kg/tonę stali.

Do upłynniania żużla należy używać wyłącznie boksytu. Temperatura kąpieli przed wprowadzeniem żelazomanganu do pieca powinna wynosić w

przypadku odgazowywania jednej kadzi 1610-1630°C, a w przypadku odgazowywania dwóch kadzi 1630-1650°C. Czas przetrzymywania żelazomanganu w piecu nie powinien przekraczać 7-8 minut.

Temperatura kąpieli w momencie spustu winna wynosić 1620-1630°C w przypadku odgazowywania jednej kadzi i 1640-1660°C w przypadku odgazowywania dwóch kadzi. Odtlenianie końcowe przeprowadza się przy pomocy 75% żelazokrzemu. Aluminium nie dodaje się.

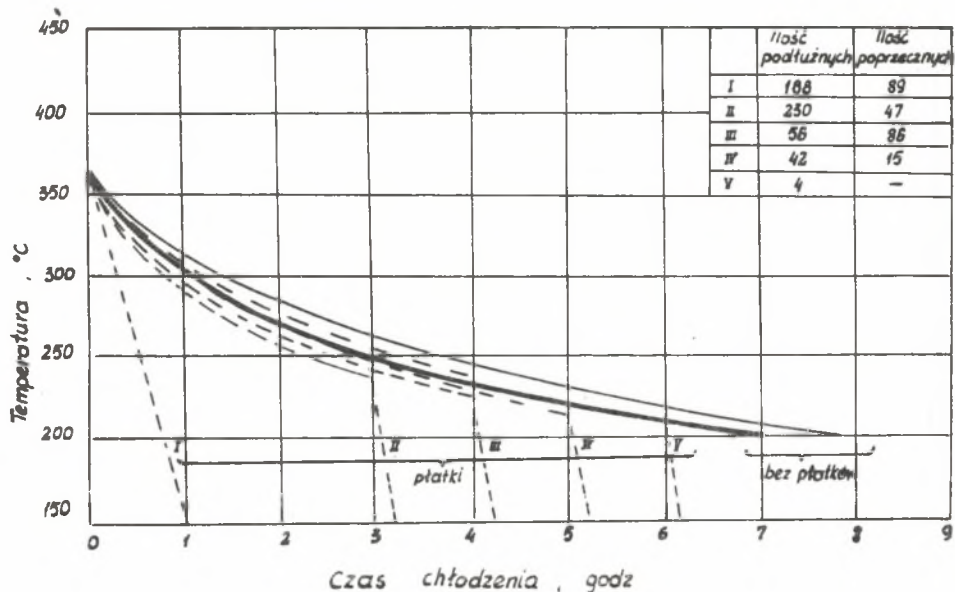
Produkcja szyn ze stali o tak wysokiej zawartości węgla i manganu wpływa na skłonność szyn do tworzenia pęknięć płatkowych, mimo małych profilów wyrobów. Ponieważ pęknięcia typu płatkowego stanowią jedną z głównych przyczyn odrzucania szyn, przeto należy starać się zapobiegać ich powstawaniu poprzez zmniejszenie zawartości wodoru rozpuszczonego w stali zanim temperatura odwalcowanych szyn nie obniży się poniżej 500°C. W tym celu stosuje się kontrolowane chłodzenie szyn w zakresie temperatur 500°-150°C. Jednak jak wykazały późniejsze badania, należyte efekty da się osiągnąć tą drogą przy kontrolowanym chłodzeniu w ciągu 7 godzin [2]. Tezę tę ujmuje graficznie zależność na rys. 1.

Z uwagi na fakt, iż zabieg ten wymaga długiego okresu czasu, dużej liczby pieców oraz odpowiednich hal, huta "Kościuszk" zastosowała inną metodę przeciwdziałaniu powstawaniu płatków poprzez obniżenie zawartości wodoru już w ciekłej stali przez jej odgazowanie w urządzeniach próżniowych do wartości zapobiegającej powstawania płatków (3,5 cm³/100 gFe).

Jako metodę próżniowego odgazowywania wybrano dla warunków huty metodę porcjową DH. Po odgazowaniu odlewa się stal St72P do wlewnic typu WB-51 i S-60.

Charakterystykę wlewnic przedstawia poniższa tablica:

Typ	Tonaż wlewka	Smukłość		Zbieżność	
		Wyliczona	Prawidłowa	Wyliczona	Prawidłowa
WB-51	6,1	4,032	2,5-3,0	1,6	1,0-1,5
S-60	6,5	2,757	2,5-3,0	2,75	2,5-3,5



Rys. 1. Wpływ czasu chłodzenia na powstawanie w szynach pęknięć płytkowych

Zebrane dane dotyczą wytopów przeprowadzonych zgodnie z instrukcją technologiczną tak względem wytapiania, jak i odlewania stali. We wszystkich wytopach przygotowane zestawy odlewnicze należy uznać za dobre. Stal rozlewano przez wylewy magnezytowe o \varnothing 45 i 50 mm. Przy odlewaniu do wlewnic nadstawkowych stosowano zasypkę samosmarującą IMŻ. Po dojściu stali do 3/4 wysokości nadstawki zasypywano powierzchnię wlewika lunkderytem "S".

Przy odlewaniu do wlewnic typu WB-51 po dojściu stali do określonej wysokości we wlewnicy zalewano powierzchnię głowy wlewka wodą i po zakrzepnięciu wierzchniej skorupy "dopompowano" wlewki przez kilkakrotne dolewanie stali do leja aż do całkowitego jej napełnienia. Analiza kart wytopowych zebranych wytopów wykazuje, że temperatura spustu stali jest w wielu przypadkach wyższa, aniżeli przewidziana instrukcją. Czas odstania z kadzią mieści się w przewidzianych granicach, ale w przypadku

przegrzań jest niewystarczający. Największy wybrak ze względu na jamę usadową wykazują wlewki odlane pojedynczo z góry. Są to z reguły wlewki odlane z ostatniej porcji metalu, który jest zimniejszy, bardziej gęstopłynny, a zatyczka jest w dużej mierze zużyta. Zbyt wczesne zużycie zatyczki i wylewu zdarzają się zresztą dość często.

3. Zestawienie i analiza wytopów

Zebrane przez nas dane przedstawiono w sposób zbiorczy w tablicach 1, 2 i 3 wyszczególniając wybrak podczas pierwszego i drugiego przerobu z rozbiem na wady pochodzenia stalowniczego i walcowniczego oraz rodzaje wad. Porównano również uzyski różnych wariantów odlewania.

Jak widać na przytoczonych tablicach, największym uzyskiem na drodze wlewk - wyrób gotowy cechuje się stal odgazowana próżniowo odlana do wlewnic nadstawkowych S-60. Uzysk w tym przypadku wynosi 57,5%. Najmniejszy jest wybrak na stalowni i walcowni. Zwraca uwagę brak odrzutu ze względu na pęknięcia płatkowe, która to wada stanowi największą pozycję w wybraku stali nieodgazowanych.

Odewanie stali odgazowanej do wlewnic WB-51 zmniejsza uzysk do 55,5%, zwiększają się natomiast wybraki w trakcie obu przerobów, zwłaszcza z uwagi na wady pochodzenia stalowniczego.

Przy odlewaniu stali nieodgazowanej również odlewanie do wlewnic S-60 daje lepsze rezultaty, mimo że uzyski w porównaniu ze stalą odgazowaną są niższe. Najniższym uzyskiem cechują się wlewki ze stali nieodgazowanej odlanej do wlewnic typu S-60, na których uzysk szyna gotowa - wlewk wynosi zaledwie 48,00%. Znacznie wzrastają wybraki z tytułu wad stalowniczych, a zwłaszcza powodowanych jamą usadową.

W uzupełnieniu powyższego należy nadmienić, że w pozycji wybraków poważną część zajmują wlewki odlane pojedynczo z góry, przy których obserwuje się zwiększenie wybraku zwłaszcza na jamy i łuski.

Badania wykazały jednoznacznie, że najlepszym wariantem jest wariant odlewania stali odgazowanej do wlewnic typu S-60. Natomiast odlewanie stali zarówno odgazowanych, jak i nieodgazowanych do wlewnic WB-51 jest nieekonomiczne bowiem wykazuje znacznie niższe uzyski.

Tablica 1

Wybrak pierwszego przerobu

	Typ wlewnic S-60 Stal odgazowana 123 wytopy		Typ wlewnic S-60 Stal nieodgazowana 143 wytopy		Typ wlewnic WB-51 Stal nieodgazowana 125 wytopy		Typ wlewnic WB-51 Stal odgazowana 23 wytopy	
	t	%	t	%	t	%	t	%
Tonaż wlewków	8077,6	100,00	8055,8	100,00	6356,9	100,00	1510,7	100,00
w tym zespołowo	7390,9	91,50	7383,7	91,65	5692,9	90,00	1402,4	93,10
pojedynczych	686,7	8,50	672,1	8,35	664,0	10,00	108,6	6,90
Pozostało w zapasie	285,3	3,50	84,6	1,05	233,9	3,00	51,4	3,40
Odwalcowano wlewków	7792,3	96,50	7971,2	98,95	6123,0	97,00	1459,3	96,60
Wsad we wlewkach	7792,3	100,00	7971,2	100,00	6123,0	100,00	1459,3	100,00
Odpad od głowy	1381,3	17,73	1430,0	17,94	627,0	9,90	144,5	9,90
Odpad od stopy	231,8	3,00	239,0	3,00	195,6	3,14	45,7	3,14
Zgorzelina	130,0	1,67	131,0	1,64	100,0	1,64	23,9	1,64
Wybrak I przerobu								
Stalownia - jamy	90,1	1,16	101,9	1,28	179,3	2,90	11,7	0,80
łuski	66,0	0,85	67,0	0,85	48,7	0,80	29,5	2,01
pęknięcia	0,0	0,0	3,4	0,04	1,7	0,03	0,0	0,0
Walcownia - zawalco- wania	3,4	0,04	3,3	0,04	6,7	0,09	16,6	1,15
Łączny wybrak I przerobu	159,80	2,05	175,6	2,21	236,4	3,82	57,8	3,96
Uzyskano kęsisk	5889,7	75,55	5995,6	75,21	4964,0	81,5	1187,4	81,36

Wybrak drugiego przerobu i regeneracja

	Typ wlewnic S-60 Stal odgazowana 123 wytopy		Typ wlewnic S-60 Stal nieodgazowana 143 wytopy		Typ wlewnic WB-51 Stal nieodgazowana 125 wytopów		Typ wlewnic WB-51 Stal odgazowana 23 wytopy	
	t	%	t	%	t	%	t	%
Wład w kęśiskach	5889,7	100,00	5995,6	100,00	4964,0	100,00	1187,4	100,00
Odpad technologicz. po II przerobie	410,5	6,98	412,0	6,87	346,0	6,97	82,8	6,96
Zgorzelina	99,5	1,86	99,5	1,65	82,0	1,55	19,8	1,65
Straty nieodzyskane	72,6	1,24	23,8	0,40	-	-	1,8	0,15
Wybrak dalszego przerobu								
<u>Stalownia</u> - jamy	19,32	0,33	44,9	0,75	107,5	2,16	16,2	1,36
szamota	21,90	0,37	32,6	0,54	101,3	2,04	16,2	1,36
żuski	100,98	1,71	103,3	1,72	134,5	2,91	4,6	0,39
pęczerze	-	-	1,3	0,03	5,8	0,12	1,6	0,13
p. stopa	29,04	0,49	5,2	0,09	52,0	1,04	27,8	2,34
płatki	-	-	192,0	3,20	146,0	2,94	-	-
<u>Walcownia</u> - zawalcowania	2,28	0,04	30,2	0,51	7,7	0,15	2,7	0,24
żuski	29,52	0,51	5,8	0,09	2,3	0,04	-	-
wgniot	4,50	0,07	0,9	0,02	7,3	0,14	-	-
profil	16,08	0,26	3,0	0,05	8,3	0,16	1,6	0,13
inne	20,82	0,35	9,1	0,15	14,9	0,32	5,4	0,46
Regeneracja								
<u>Stalownia</u> - jamy	110,82	1,88	61,2	1,02	110,8	2,23	16,6	1,40
szamota	60,96	1,03	107,5	1,79	315,8	6,36	33,0	2,78
żuski	222,72	3,79	354,7	5,91	300,7	6,05	45,8	3,85
pęczerze	12,00	0,20	6,0	0,10	35,3	0,71	4,6	0,39
p. stopa	77,88	1,32	12,0	0,20	85,3	1,62	79,4	6,69
<u>Walcownia</u> - zawalcowania	30,00	0,52	38,7	0,64	20,9	0,42	7,6	0,64
żuski	12,00	0,20	108,7	1,81	56,5	1,14	-	-
wgniot	40,38	0,68	51,9	0,86	16,6	0,35	7,4	0,62
profil	7,50	0,12	10,5	0,18	16,4	0,33	4,6	0,39
inne	29,28	0,50	39,8	0,67	42,0	0,85	4,4	0,37
Łącznie wybrak dalszego przerobu	848,00	14,37	1219,3	20,33	1587,9	32,08	279,5	23,54
Odebrano szyn	4459,1	75,73	4241,0	70,75	2948,1	59,40	803,5	67,70

Tablica 3

Porównanie uzysków

	Typ wlewnic S-60 stal odgazowana 123 woty	Typ wlewnic S-60 Stal nieodgazow. 143 woty	Typ wlewnic WB-51 Stal nieodgazow. 125 woty	Typ wlewnic WB-51 Stal odgazowa- na 23 woty
	%	%	%	%
Uzysk kęsisko-wlewek	75,55	75,21	81,50	81,36
Uzysk szyna gotowa - kęsisko	75,73	70,75	59,40	67,70
Uzysk szyna gotowa - wlewek	57,20	53,20	48,00	55,50

LITERATURA

1. Struk S., Otrembnik B. - Badanie nad nowymi gatunkami stali na szyny o wytrzymałości na rozciąganie R_m 90 kg/mm², Hutnik 1970, nr 5, str. 231-238.
2. Coupette W. - Otemrzdorne kolejnice z vacuorane oceli "Hutnicke Listy" 1965, nr 9, str. 621-625.

СПРАВНИВНИЕ ЗАРИАНТОВ ВЫПЛАВКИ РЕЛЬСОВОИ СТАЛИ В УСЛОВИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА "КОСЬЮШКО"

Р е з ю м е

Металлургический завод "Косцюшко" выплавляет рельсовую сталь двух марок: для вакуумирования и невакуумирования. Сталь разливают в изложницы, уширяющиеся кверху с прибыльными надставками, или в изложницы, уширяющиеся книзу. Так получают четыре варианта разливки. Сравнение выхода плавки этих вариантов и количества брака из-за пороков у дефектов даст ответ, который вариант лучше и правильнее.

COMPARISON OF RAILSTEEL SMELTING VARIANTS
IN THE "KOSCIUSZKO" STEELMILL

S u m m a r y

The metallurgical plant "Kościuszko" smelts two grades of railsteel one for vacuum degassing and second without it. They are teeming them in big-end-up hot top moulds or in small-end-up moulds. So there are four variations of teeming of ingots. The comparison of yields of these, variations and the quantity of discards makes possible picking out of the better sort of four variations.