ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1980

Seria: HUTNICTWO z. 21 Nr kol. 654

Andrzej SOBAŃSKI
Rudolf KAWALA

Instytut Inżynierii Materiałowej
Politechnika Śląska

ANIZOTROPIA WŁASNOŚCI MECHANICZNYCH BLACH Z NISKOWĘGLOWEJ STALI GŁĘBOKOTŁOCZNEJ PLATEROWANEJ MOSIĄDZEM M90

Streszczenie. Zbadano anizotropię własności mechanicznych blach z niskowęglowej stali nieuspokojonej platerowanej jednostronnie 10% warstwą mosiądzu M90. Ustalono, że kierunkowość własności plateru jest odmienna niż w blachach z materiałów łączonych, wytworzonych w analogicznych warunkach. Stwierdzono, że wartości tych cech, które decydują o tłoczności, są dla blach platerowanych korzystniejsze niż dla blach stalowych. Ustalono, że stosowanie wyżarzenia normalizującego zamiast zmiękczającego poprawia własności plateru.

1. Wprowadzenie

Blachą platerowaną nazywa się tworzywo złożone z warstw, których połączenie nastąpiło w czasie odkształcenia plastycznego przez walcowanie lub w inny sposób, np. przy wykorzystaniu energii wybuchu. Z istoty tej metody wynika, że grubości warstw są współmierne, w odróżnieniu od blach z powłokami metalicznymi, naniesionymi elektrolitycznie lub zanurzeniowo, w których grubość powłoki jest znacznie mniejsza niż rdzenia. W zależności od użytych materiałów rdzenia i pokrycia wytwarza się blachy stal/stal, stal/miedź lub mosiądz, stal/aluminium, miedź/aluminium i szereg innych platerowanych jedno- lub dwustronnie. Grubość plateru waha się w granicach 5 do 50% łącznej grubości blachy [1].

Dobór materiału na rdzeń i warstwę platerującą wynika z przeznaczenia wyrobu, przy czym oczywiste jest dążenie do optymalnego wykorzystania cech obu tworzyw. Parametry procesu technologicznego (walcowania na gorąco i na zimno oraz międzyoperacyjnych i końcowych obróbek cieplnych), korzystne z punktu widzenia własności jednej z warstw, nie muszą jednak być optymalne ze względu na własności drugiej. Spośród różnorodnych blach platerowanych szczególne rozpowszechnienie uzyskały blachy tłoczne, których rdzeń ze stali niskowęglowej pokryty jest warstwą miedzi lub mosiądzu wysokomiedziowego.

Dobre własności tłoczne taniej stali niskowęglowej skojarzone są z odpornością korozyjną miedzi lub mosiądzu, posiadającym również korzystne

cechy plastyczne. Jednak miedź lub mosiądz uzyskuje swoje optymalne własności tłoczne w odmiennych niż stal niskowęglowa warunkach procesu technologicznego, w szczególności optymalne temperatury walcowania na gorąco i wyżarzania są dla stali wyższe.

Równocześnie niektóre cechy tych materiałów są jakościowo różne, np. anizotropowe w płaszczyźnie blachy własności plastyczne wykazują inne kierunki uprzywilejowania.

Przedstawione powody są podstawą domniemania, że niektóre cechy materiałowe decydujące o tłoczności mogą w przypadku blach platerowanych istotnie różnić się od rdzenia, a także, że parametry procesu wytwarzania są w przypadku blach platerowanych szczególnie znaczące.

2. Ocena własności tłocznych

Ocena własności tłocznych blach wykonywana jest przez próby technologiczne tłoczności lub na podstawie niektórych wielkości określonych w statycznej próbie rozciągania. Drugi kierunek zyskał w ostatnich latach szczególnie na znaczeniu w związku z wprowadzeniem nowych pojęć - wskaźnika anizotropii normalnej r i wykładnika umocnienia n [2].

Wprowadzony przez Lankforda [3] wskaźnik:

$$r = \frac{\varphi_b}{\varphi_g} = \frac{\ln \frac{b}{b_o}}{\ln \frac{g}{g_o}} \tag{1}$$

definiuje zróżnicowanie oporów płynięcia materiału blachy w kierunkach leżących w płaszczyźnie blachy w stosunku do oporu płynięcia w kierunku jej grubości. Określa się go na podstawie wzoru (1) zmianami szerokości i grubości płaskiej próbki rozciągniętej w zakresie wydłużenia równomiernego. W praktyce, dla stali niskowęglowych tłocznych przyjmuje się wydłużenie równe 20% [2]. Uzyskany wynik wskaźnika anizotropii normalnej r okazuje się najczęściej zależny od kierunku położenia próbki względem kierunku walcowania, co świadczy o istnieniu anizotropii płaskiej. Dlatego dla scharakteryzowania anizotropii normalnej wprowadza się wartość średnią w płaszczyźnie blachy, obliczoną wg zależności:

$$r_{śr} = \frac{1}{8}(r_o + 2r_{22,5} + 2r_{45} + 2r_{67,5} + r_{90}), \tag{2}$$

lub w uproszczeniu:

$$r_{śr} = \frac{1}{4}(r_o + 2r_{45} + r_{90}), \tag{3}$$

gdzie: r_0, $r_{22,5}$ itd. - oznaczają wartości wskaźników anizotropii normalnej, wyznaczonych na próbkach pod kątami odpowiednio 0°, $22,5^o$ itd. do kierunku walcowania. Stopień anizotropii w płaszczyźnie blachy charakteryzuje zaproponowany przez Kellera [4] wskaźnik anizotropii płaskiej:

$$\Delta r = \frac{1}{2}(r_0 + r_{90} - 2r_{45}). \tag{4}$$

Własności tłoczne blachy są tym lepsze, im większy jest wskaźnik anizotropii normalnej $r_{śr}$, szczególnie pożądane są wartości $r_{śr} > 1$ [2]. Ponieważ duża anizotropia płaska pozostaje w ścisłym związku z niekorzystnym zjawiskiem powstawania w czasie wytłaczania walcowych naczyń wysokich uch, dlatego pożądane jest, by Δr było bliskie zeru.

Wykładnik n w potęgowej funkcji umocnienia:

$$\sigma_p = c\varphi_p^n, \tag{5}$$

aproksymującej zależność naprężenia uplastyczniającego σ_p od odkształcenia zastępczego φ_p jest właściwą miarą oceny tłoczności w operacjach o przewadze rozciągania [2]. Korzystne w tym przypadku są duże jego wartości. Ze względu na zależność n od kierunku badania w płaszczyźnie blachy wyznacza się jego wartość średnią według wzorów identycznych jak dla r.

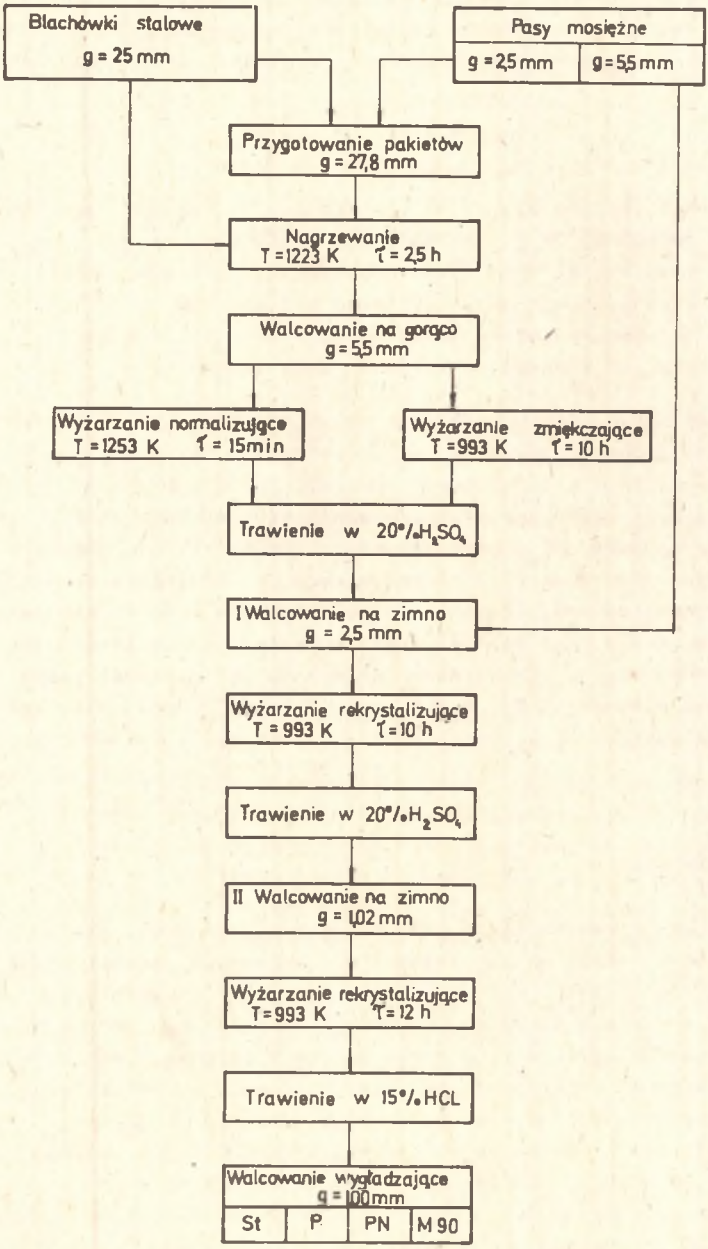
W ogólnej ocenie przydatności materiału do tłoczenia ważne są również podstawowe własności R_e, R_m i A_{50}. W szczególności pożądana jest mała wartość stosunku R_e/R_m i maksymalnie duże względne wydłużenie całkowite A_{50}.

3. Badania własne

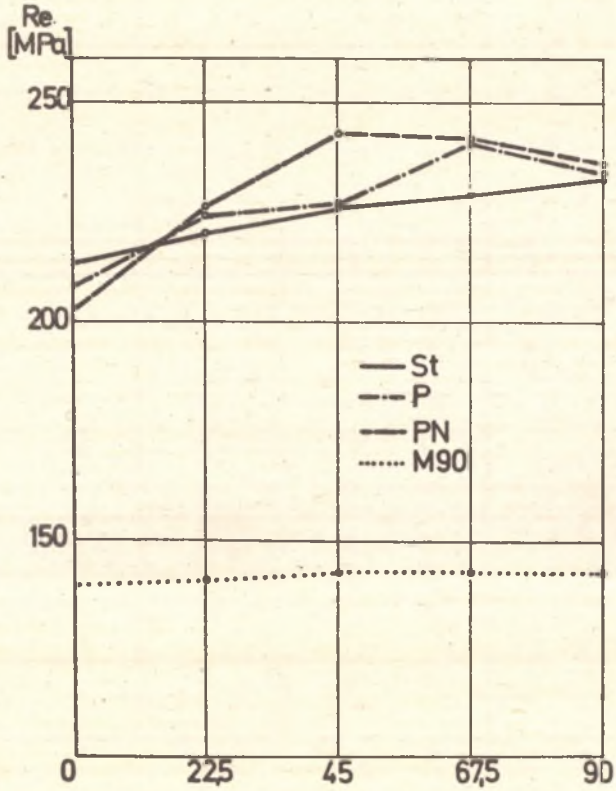
Celem wykonywanych badań było porównanie własności tłocznych blach z niskowęglowej stali nieuspokojonej platerowanych jednostronnie warstwą mosiądzu M90 o grubości warstwy platerującej 10% z własnościami blach z materiałów rdzenia i plateru, wykonanych równolegle w podobnych warunkach procesu technologicznego. W samym procesie stosowano warianty, polegające na wprowadzeniu dodatkowego zabiegu wyżarzania normalizującego.

Materiałem wyjściowym do badań były blachówki o grubości 25 mm z niskowęglowej stali nieuspokojonej zawierającej 0,05% C, 0,46% Mn, 0,01% Si, 0,008% P, 0,012% S, 0,058% Cu, 0,056% Cr, 0,01% Ni oraz pasy z mosiądzu M90 o składzie 89,9% Cu, 0,014% Fe, 0,005% Pb, 0,001% Sb, 0,001% Bi, 0,008%P, reszta Zn o grubościach 2,8 mm.

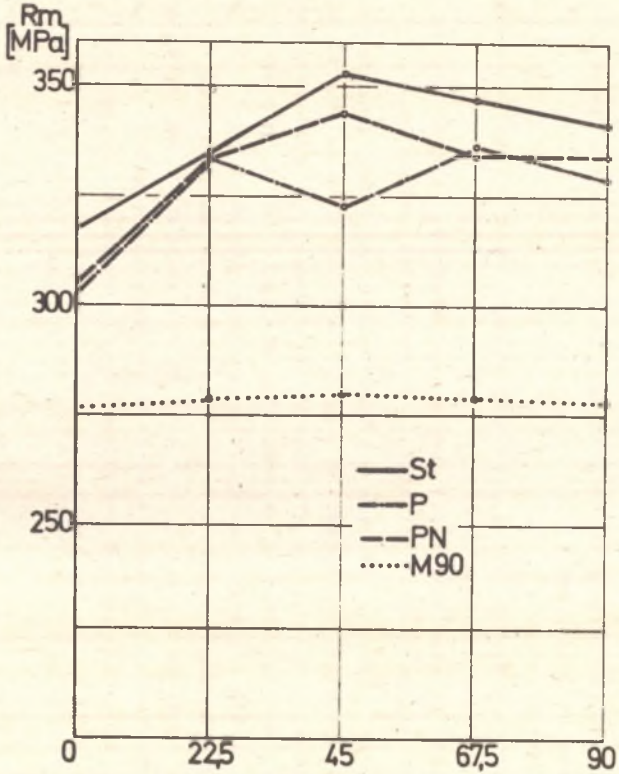
Proces technologiczny wytworzenia blach o grubości 1,0 mm i szerokości 300 mm przeprowadzono na skalę techniczną zgodnie ze schematem pokazanym na rys. 1. Sposób ten zapewnił identyczność warunków w kolejnych etapach



Rys. 1. Schemat procesu technologicznego



Rys. 2. Zależność granicy plastyczności badanych materiałów od kąta pobrania próbki względem kierunku walcowania



Rys. 3. Zależność wytrzymałości na rozciąganie badanych materiałów od kąta pobrania próbki względem kierunku walcowania

począwszy od pierwszego walcowania na zimno dla wszystkich badanych materiałów, które oznaczono następująco:

P - blacha platerowana wytworzona zgodnie z warunkami normalnego procesu produkcyjnego,

St - blacha stalowa,

M90 - blacha mosiężna, wytworzona w warunkach odpowiadających zwykłemu procesowi platerowania,

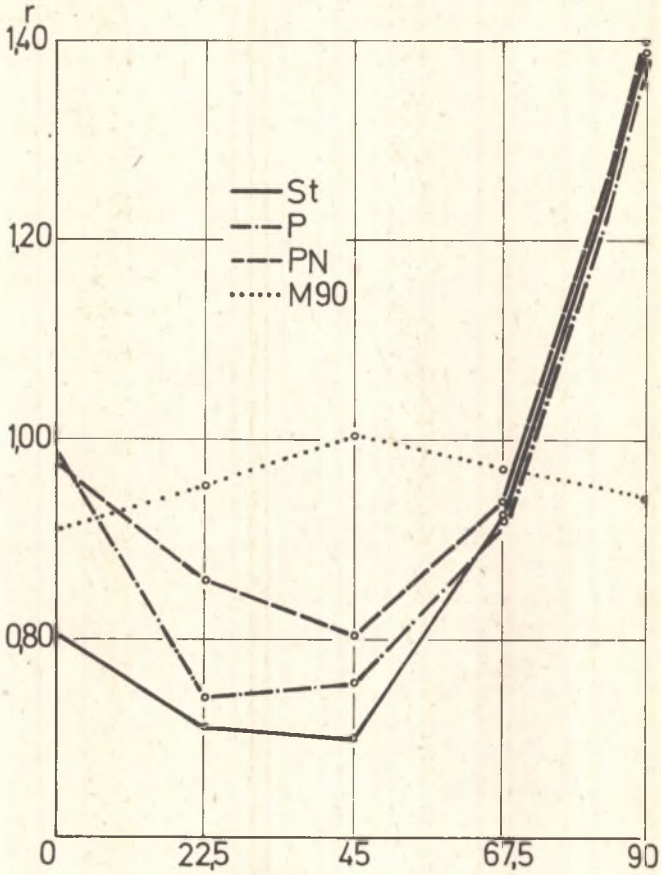
PN - blacha platerowana wytworzona z zastosowaniem wyżarzania normalizującego zamiast zmiękczania po walcowaniu na gorąco.

Gotowe blachy poddano badaniom w próbie statycznego rozciągania płaskich próbek wyciętych pod kątami 0°, $22,5^o$, 45°, $67,5^o$ oraz 90° do kierunku walcowania. Dla każdego kierunku próbę wykonano z powtarzalnością nie mniejszą niż pięciokrotną, wyznaczając wielkości r i n oraz R_e, R_m i A_{50}. Obliczone wartości średnie przedstawiają rysunki 2 do 4. Na rysunkach nie pokazano zależności A_{50} i n, od kąta pobrania próbki z arkusza, gdyż uzyskany rozrzut tych wielkości nie zezwolił na określenie przebiegu zmienności. Wartości średnie w płaszczyznie blachy: r, n, R_e, R_m i A_{50}, obliczone wzorami podobnymi do (2), zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Średnie w płaszczyźnie blachy wartości własności mechanicznych badanych materiałów

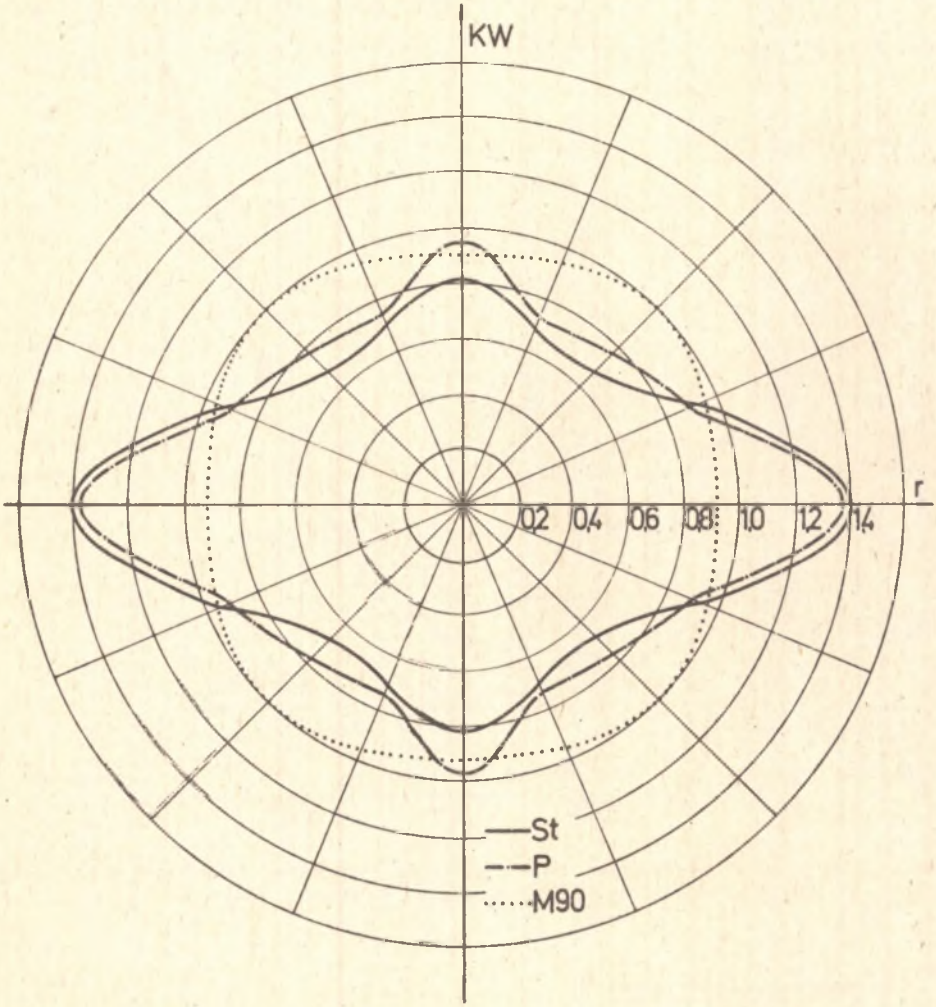
Materiał	$\bar{r}$	Δr	$\bar{n}$	$\bar{R}_e$ MPa	$\bar{R}_m$ MPa	$\bar{A}_{50}$ %	R_e/R_m
St	0,85	0,48	0,234	225	340	42	0,66
P	0,90	0,34	0,230	230	325	45	0,71
PN	0,95	0,30	0,236	230	335	45	0,69
M90	0,98	-0,05	0,395	140	285	48	0,49



Rys. 4. Zależność współczynnika anizotropii normalnej badanych materiałów od kąta pobrania próbki względem kierunku walcowania

4. Omówienie wyników badań

Przeprowadzone badania potwierdziły odmienność własności blach stalowych i mosiężnych. Odpowiednie wartości granicy plastyczności, wytrzymałości, wydłużenia i wykładnika umocnienia różnią się znacznie (tabl. 1, rys. 2 i 3). Blachy stalowe wykazały silną zależność własności od kierunku w płaszczyźnie; dla blach mosiężnych zależność ta jest słaba. Kierunkowość własności najsilniej wyraża się w zmienności współczynnika anizotropii normalnej (rys. 4), co szczególnie korzystnie obrazuje wykres we współrzędnych biegunowych (rys. 5). Ponieważ dla badanego mosiądzu średnia w płaszczyźnie wartość $r = 0,96$ mało odbiega od jedności, a wskaźnik anizotropii płaskiej $\Delta r = -0,03$ jest bliski zeru, materiał ten można uważać za praktycznie izotropowy.



Rys. 5. Biegunowy obraz zmian w płaszczyźnie blachy współczynnika anizotropii normalnej badanych materiałów
KW - kierunek walcowania

Blachy platerowane złożone z materiałów o omówionych własnościach cechuje kierunkowość własności o charakterze podobnym do blach stalowych (rys. 5). Wykonane odmienną technologią platery P i PN różnią się również pomiędzy sobą.

Niewielkie różnice pomiędzy wartościami średnimi odpowiednich własności blach St oraz P i PN (tabl. 1) pozornie wskazują na mało istotny wpływ warstwy platerującej. Własności te są jednak istotnie różne w wybranych kierunkach. Przykładowo, porównanie za pomocą testu T [5] wartości współczynnika anizotropii normalnej r (rys. 4) blach St i platerów P oraz PN wskazuje na istotność różnic na poziomie 0,001 dla kierunku walcowania i na poziomie 0,01 dla kierunku 45°. Podobny poziom istotności różnic otrzymano dla granicy plastyczności (rys. 2) i wytrzymałości (rys. 3) w tych kierunkach. Dla kierunku 90° niezależnie od własności istotności różnic nie można wykazać na poziomie 0,05.

Zgodnie ze stosunkiem wytrzymałości R_m mosiądzu i stali platery P i PN wykazują zarówno w poszczególnych kierunkach (rys. 3), jak i średnią w płaszczyźnie (tabl. 1) wytrzymałość o pośredniej wartości. Natomiast granica plastyczności platerów jest wyższa niż stali, pomimo że jej wartość dla mosiądzu jest mniejsza. Taki wynik może być prawdopodobnie tłumaczony tym, że udział mosiądzu, nie wykazującego wyraźnej granicy plastyczności, powoduje jej pojawienie się w blasze platerowanej przy odkształceniu nieco większym niż dla samej stali.

W ogólności można wnioskować, że połączenie platerowe dwóch materiałów tworzy jakościowo nowy materiał, którego własności nie są prostą wypadkową własności składników. Szczególnie wyraźnym dowodem tego jest wyższa niż dla obu składników wartość r dla kierunku walcowania (rys. 4, 5).

Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że blachy platerowane mosiądzem M90 są materiałem o lepszej podatności do tłoczenia od blachy z niskowęglowej stali nieuspokojonej. Wynika to z wyższych wartości średniego współczynnika anizotropii normalnej r i wydłużenia A_{50} oraz mniejszej anizotropii płaskiej Δr, przy praktycznie nieistotnych różnicach n (tabl. 1).

W związku z odmiennością warunków ujawnienia się wyraźnej granicy plastyczności większa nieco wartość stosunku R_e/R_m nie może być w tym przypadku podstawą negatywnej oceny.

Zastosowanie wyżarzania normalizującego zamiast zmiękczania po wstępnym walcowaniu na gorąco dało wynik pozytywny. Wszystkie decydujące o tłoczności wskaźniki dają wartości korzystniejsze. Wyjaśnieniem tego efektu jest niewątpliwie uzyskanie właściwie przebudowanej struktury, która po ukończeniu walcowania na gorąco w niekorzystnym dla stali zakresie temperatur obszaru struktur dwufazowych jest w znacznym stopniu niejednorodna i pasmowa. Przebudowa taka jest natomiast niemożliwa przy niskotemperaturowym wyżarzaniu zmiękczającym w pobliżu temperatury A_{c1}.

5. Wnioski

1. Wykonane badania pozwalają stwierdzić, że blacha platerowana jest materiałem o cechach jakościowo różnych od cech materiałów składowych. W szczególności platerowanie blachy z niskowęglowej stali nieuspokojonej mosiądzem M90 w istotny sposób wpływa na kierunkowość własności mechanicznych.

2. Wyniki badań pozwalają ocenić blachę stalową platerowaną mosiądzem jako materiał o lepszej niż blacha stalowa tłoczności. Podstawą takiego stwierdzenia są przede wszystkim wzrost wskaźnika anizotropii normalnej i zmniejszenie anizotropii płaskiej.

3. Zastosowanie wyżarzania normalizującego zamiast zmiękczania po walcowaniu na gorąco korzystnie poprawia własności gotowego plateru.

LITERATURA

[1] DEARDORFF L.C., GLENN J.L.: Iron Steel Eng. T. 51, 1974, Nr 1, ss.52-55.

[2] MARCINIAK Z.: Odkształcenia graniczne przy tłoczeniu blach. WNT, Warszawa 1973.

[3] LANKFORD W.T. i inni: New cryteria for predicting the press performance of deep drawing Sheets., Trans. ASM 1950 nr 42, s. 1197.

[4] KEELER S.P.: Properties related to forming. Sheet Met. Ind., 1971, nr 7, ss. 511-517.

[5] VOLK W.: Statystyka stosowana dla inżynierów. WNT, Warszawa 1973.

АНИЗАТРОПИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИСТОВОЙ СТАЛИ ИЗ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ С ГЛУБОКОЙ ШТАМПОВКОЙ, ПОЛИРОВАННОЙ ЛАТУНЬЮ М90

Р е з ю м е

В статье рассматривается исследование анизотропии механических свойств листовой стали из низкоуглеродистой стали кипящей плакированной с одной стороны 10% слоем латуни М90. Определено, что направленность свойств плакировки отличается от листовой стали из соединённых материалов, созданных в тех же самых условиях. Утверждается, что величины этих признаков, которые решают о штамповке являются для плакировочных листов более выгодны, чем для листовой стали. Определено, что применение нормализационного отжига вместе мягкого, исправляет свойства плакировки.

ANISOTROPY OF MECHANICAL PROPERTIES OF LOWCARBON DEEP DRAWN STEEL PLATES POLISHED WITH BRASS M90

S u m m a r y

Anisotropy of mechanical properties was analysed for low carbon effervescing steel plates one side plated with 10% brass layer M90. It was found that anisotropy of plating properties varies from that of plates produced of metal combination manufactured in analogical conditions. The values of the properties which affect drawing were found to be more favourible for plated plates than for the steel ones. The plating properties were found to be improved rather by normalizing than by soft annealing.