Seria: MECHANIKA z. 39

Nr kol. 258

ANDRZEJ KLIMPEL Katedra Spawalnictwa

WPŁYW CZASU PRZEKUCIA NA WŁASNOŚCI MECHANICZNE ZGRZEINY PUNKTOWEJ

> <u>Streszczenie</u>: W pracy wyznaczono optymalne parametry zgrzewania punktowego stali 05X o grubości 1 i 2 mm. Dla optymalnych parametrów zgrzewania określono wpływ czasu przekucia na rozkład twardości i struktury w zgrzeinie punktowej.

1. Wstęp

Stal, podstawowy materiał konstrukcyjny wykazuje skłonność do hartowania się po przejściu cyklu cieplnego procesu spawania lub zgrzewania. Zgrzewany metał nagrzewa się miejscowo do temperatury nawet znacznie powyżej A_{c3} i następnie ulega szybkiemu chłodzeniu z dużą prędkością, która wzrasta ze zmniejszaniem się grubości blachy.

Powstałe w strefie wpływu ciepła struktury może cechować duża twardość i często związana z nią kruchość, zwiększająca niebezpieczeństwo pęknięć jako wynik stanu naprężeń własnych.

Warunki chłodzenia w procesie zgrzewania punktowego, szczególnie przy stosowaniu twardych parametrów zgrzewania (duża moc cieplna źródła ciepła $Q(t) \frac{cal}{s}$) są szczególnie niekorzystne.

Przy zgrzewaniu punktowym łączy się cienkie przedmioty stalowe, których współczynnik przewodnictwa cieplnego jest przeważnie 8÷10 razy mniejszy niż materiału elektrod. Znaczna ilość ciepła jest odprowadzana przez chłodzone intensywnie wodą elektrody, co wywołuje prędkość chłodzenia większą od krytycznej prędkości hartowania. Ilość odprowadzonego ciepła przez elektrody zgrzewarki jest wprost proporcjonalna do czasu przekucia.

1969

Prędkość chłodzenia jest więc największa między elektrodami zgrzewarki w czasie działania siły przekuwającej. Poza obrębem elektrod szybkość chłodzenia jest mniejsza, a więc twardość połączenia zgrzewanego jest również funkcją czasu przekucia.

Poprzez zwiększenie czasu przekucia od 0,1 do 1,0 S [4] przy zgrzewaniu stali niskowęglowej o zawartości węgla 0,2% uzyskano zmianę rodzaju przełomu: przy krótkich czasach uzyskano przełom plastyczny, przy długich - kruchy.

Minimalny czas przekucia zależny jest od czasu krystalizacji jądra zgrzeiny, które krystalizuje w układzie dendrytycznym. Materiał jądra zgrzeiny przy nagrzewaniu nie może się swobodnie rozszerzać, a przy chłodzeniu swobodnie kurczyć. W efekcie, w miejscu zetknięcia się dendrytów mogą powstać jamy skurczowe.

Sila przekuwająca sprzyja zagęszczeniu lanego jądra zgrzeiny, co często zapobiega powstawaniu tych wad.

W związku z tym usunięcie obciążenia przekuwającego należy wykonać w pewnym odstępie czasu po wyłączeniu prądu zgrzewania. Minimalny czas przekucia powinien być tak duży, aby cały materiał jądra zgrzeiny zdążył przejść w stan stały.

Według badań A.S. Gelmana [4] przy zgrzewaniu stali o grubościach 8÷10 mm czas przekucia nie wywiera dużego wpływu na strukturę jądra zgrzeiny i strefy wpływu ciepła. Największa bowiem prędkość stygnięcia (przy stałej średnicy jądra zgrzeiny) jest osiągana przy największej enefgii jednostkowej Q/δ $\left[\frac{cal}{cm.s}\right]$ i odpowiednio szybkość ta maleje ze zmniejszaniem się energii jednostkowej (gdzie: Q - moc cieplna, δ - grubość blachy).

Również przy stałej energii jednostkowej Q/δ prędkość chłodzenia maleje wraz ze wzrostem średnicy jądra zgrzeiny. Zmienność czasu przekucia może mieć wyraźny wpływ na wytrzymałość zgrzeiny. Dlatego też poprzez zmianę czasu przekucia w przedziale od 0,0÷2,0 s ustalono wpływ różnych cykli chłodzenia na rozkład twardości oraz strukturę połączenia zgrzewanego punktowo stali OSX o grubości 1 i 2 mm.

2. Przebieg badań

Badania przeprowadzono przy użyciu stali niskowęglowej gatunku OSX, walcowanej na zimno do grubości 1 i 2 mm. Próby zgrzewania wykonano na zgrzewarce punktowo-liniowej ZPLb-40, wyposażonej w ignitronowy stycznik synchroniczny typu SIPLa-50.

Składy stali podano w tablicy 1. Elektrody zgrzewarki wykonane były ze stopu miedzi Cu Cr Zn.

Tablica 1

Stal	Grubość blachy (mm)	Skład chemiczny w %					
		C	Mn	Si	S	P	
OSX	1	0,04	0,32	-	0,018	0,029	
05 X	2	0,06	0,37	-	0,024	0,025	

Skład chemiczny stali OSX

Dla poszczególnych grubości blach określono optymalne parametry zgrzewania, przy czym jako kryterium jakości połączenia zgrzewanego przyjęto:

a) wytrzymałość połączenia,

 b) wygląd zewnętrzny zgrzeiny (wielkość wgniotu, wypryski, barwy nalotowe).

Optymalne parametry zgrzewania, siłę nacisku P_n , czas zgrzewania t_z i stopień wykorzystania danego zakresu regulaoji mocy ψ dobrano drogą kolejnej eliminacji orientacyjnych parametrów zgrzewania (tab. 2) w następujący sposób: dla założonych parametrów t_z i ψ wyznaczono w oparciu o podane wyżej kryterium optymalną siłę nacisku P_n , a dla przyjętego zakresu regulacji mocy ψ wyznaczono t_{zopt} i dalej podobnie ψ_{opt} .

Do wyznaczenia optymalnych parametrów zgrzewania stosowano próbki o wymiarach 150 x 30 x 1 mm 150 x 30 x 2 mm, wykonano po 5 próbek dla każdego z parametrów zgrzewania.

Tablica 2

T.D.	Nazwa narametru	Oznaczenie	Grubość blachy			
Lipe		parametru	g = 1 mm	g = 2 mm		
1	Z akr es regulacji mocy	Z	ABA	ABB		
2	Napięcie obwodu zgrze- wania	υz	4,1 V	5,0 V		
3	Stopień wykorzysta- nia danego zakresu regulacji mocy	ψ	100%	100%		
4	Czas docisku wstęp- nego	t	1,2 s	1,2 s		
5	Czas zgrzewania	tz	0,2 s	0,4 s		
6	Czas przekucia	t	0 ,4 s	0,4 3		
7	Napięcie sieci	Us	380 ± 10 V	380±10 V		

Orientacyjne parametry zgrzewania blach ze stali OSX g = 1 i 2 mm

Otrzymany zestaw parametrów, podany w tablicy 3 przyjęto do dalszych badań jako stały.

Według ustalonych, optymalnych parametrów zgrzewania przeprowadzono dalsze próby zgrzewania blach o g = 1 i g = 2 mm dla różnych czasów przekucia tp, zmienianych w zakresie od 0,0 do 2,0 s co 0,2 s.

Dla każdego z parametrów zgrzewania wykonano po 3 próbki o wymiarach 30 x 30 mm i 30 x 30 x 2 mm.

Na otrzymanych próbkach przeprowadzono pomiary twardości jądra zgrzeiny i strefy wpływu ciepła zgodnie z normą PN-64/ M-69751 (rys. 1). Ponadto wykonano badania metalograficzne zgrzein.

Do pomiaru twardości zastosowano sposób Vickersa, zgodnie z normą PN-57/M-04360. Z wykresu podanego w normie przyjęto siłę nacisku penetranta 5 kG oraz czas trwania próby 15 s.

Wyniki pomiarów zestawiono na wykresach rys. 2 i rys. 3. Dla zgrzein wykonanych przy czasach przekucia granicznych wykonano zdjęcia mikrostruktur (rys. 4-7).

Tablica 3

T.n.	Nogwo nonometru	Oznaczenie	Grubość blachy		
•41	Mazwa parametra	parametru	g = 1 mm	g = 2 mm	
1	Sila nacisku elek- trod	P _n ^{*)}	3,25 atn	4,0 atn	
2	Zakres regulacji mocy	Z	ABA	ABB	
3	Napięcie obwodu zgrzewania	Uz	4,1 V	5,0 V	
4	Stopień wykorzysta- nia danego zakresu regulacji mocy	ψ	90%	95%	
5	Czas docisku wstępnego	t	1,2 s	1,2 s	
6	Czas zgrzewania	tz	0,2 в	0,46 в	
7	Czas przekucia	tp	0,4 в	0,4 s	

Optymalne parametry zgrzewania blach ze stali OSX g = 1 i g = 2 mm

*) Podano w jednostkach ciśnienia zasilania mechanizmu dociskającego elektrody zgrzewarki.



Rys. 1. Wyznaczenie punktów pomiarowych do badań twardości dla zgrzeiny punktowej g = 1 mm i g = 2 mm. Cyfry nad linią pomiarową x oznaczają kolejny numer punktu pomiarowego, a pod linią - odległość między punktami pomiarowymi podaną w [mm]



Rys. 2. Wyniki pomiarowe twardości dla zgrzeiny punktowej blachy OSX g = 1 mm dla trzech ozasów przekucia: 0,0 S 0,8S 1,6 S



Rys. 3. Wyniki pomiarów twardości dla zgrzeiny punktowej blachy OSX g = 2 mm dla trzech czasów przekucia: 0,0 S 0,6S 2,0 S

4



ferrytu;

pseud o-

wydzieleniami

z miejscowymi perlitu;

ciepla

= 2.0 S

3. Analiza wyników

Rozkład twardości w złączu zgrzewanym punktowo jest symetryczny względem osi elektrody, w wyniku utworzonego w czasie przepływu prędu zgrzewania symetrycznego pola temperatur.

Rozkład twardości w złączu ze stali OSX zgrzewanym punktowo oraz wpływ czasu przekucia na twardość jądra zgrzeiny podano na rys. 8.

Jądro zgrzeiny wykazuje na swej szerokości nieznaczne wabania twardości, natomiast twardość na odcinku strefy wpływu ciepła gwałtownie spada.

Ze wzrostem czasu przekucia następuje liniowy wzrost twardości jądra zgrzeiny aż do granicznej wartości t_p , charakterystycznej dla danej grubości zgrzewanej blachy, powyżej której twardość jądra zgrzeiny nie zmieniża się (tabl. 4).

Tablica 4

Grubość blachy [mm]	HV [tp]						
	0	tp	0,8 s	0,8 s	tp	2,0 s	
1	225 + 88 t _p			300			
2	0	tp	0,6 s	0,6 s	tp	2,0 s	
2	1		$180 + 100 t_{p}$		240		

Rozkład twardości jądra zgrzeiny w zależności od czasu przekucia

Krzywa HV = $f(t_p)$, będąca graficznym obrazem wpływu ozasu przekucia na twardość jądra zgrzeiny, dla blachy o grubości 1 mm jest przesunięta o wartości 60 HV/5 kG w kierunku wyższych twardości w stosunku do analogicznej krzywej HV = $f(t_p)$ dla blachy o grubości 2 mm, co potwierdza wyniki badań A.S. Gelmana [4].





1 - twardość jądra zgrzeiny dla blachy g = 1 mm, 2 - twardość jądra zgrzeiny dla blachy g = 2 mm, 3 - twardość materiału rodzimego Maksymalny wpływ czasu przekucia na wzrost twardości jądra zgrzeiny punktowej dla blachy ze stali OSX o grubości g = 1 mmwynosi 31%, a 34% dla blachy g = 2 mm, przy czym punkt załamania krzywej HV = $f(t_p)$ dla blachy g = 1 mm jest przesunięty o 0,2 s w kierunku dłuższych czasów przekucia, w stosunku do analogioznego punktu dla blachy g = 2 mm.

Użyta do badań stal OSX posiada w temperaturze otoczenia strukturę ferrytyczną. Na granicy ziaren ferrytu występuje cienka siatka perlitu. Jądro zgrzeiny posiada strukturę odpowiadającą twardości. Ze wzrostem czasu przekucia wzrasta prędkość ohłodzenia, która powoduje przesunięcie struktury ferrytycznej materiału rodzimego w kierunku wyższych zawartości węgla - struktura pseudoperlityczna (rys. 5 i 7).

4. Wnioski

- Czas przekucia jest (oprócz siły dooisku, czasu zgrzewania, natężenia prądu) ważnym parametrem, mającym istotny wpływ na przebieg procesu zgrzewania.
- Stal OSX (o małych grubościach) stosowana do badań wykazuje skłonność do utwardzania się po przejściu cyklu cieplnego procesu zgrzewania punktowego.
- 3. Zwiększenie ozasu przekucia do wartości granicznej, charakterystycznej dla danej grubości blachy, powoduje liniowy wzrost twardości jądra zgrzeiny, zaś po przekroczeniu wartości granicznej twardość jądra zgrzeiny pozostaje stała.
- 4. Przy zgrzewaniu stali o większych zawartościach węgla czas przekucia może mieć znacznie istotniejszy wpływ, bowiem wtedy należy liczyć się z możliwością pojawienia się znacznie większych twardości zarówno w jądrze, jak i w strefie wpływu ciepła.

LITERA TURA

- [1] Rykalin H.H.: Tiepłowyje osnowy swarki, AN ZSRR 1947.
- [2] Koczergin K.A.: Kriterii technologiczeskowo podobija dla rasciota reżimow kontaktnoj tooiecnoj swarki. Swarnoje proizwodstwo Nr 262 1966.
- [3] Alow A.A.: Osnowy teorii processow swarki i pajki, Maszgiz 1964.
- 4 Gelman A.S.: Kontaktnaja elektroswarka Maszgiz 1949.
- [5] Gelman A.S.: Technologija kontaktnoj elektroswarki, Maszgiz 1952.
- [6] Uliasz St.: Praca magisterska, Pol. Śląska, niepublikowana.

ВЛИННИЕ ЗРЕМЕНИ ПРОКОВКИ ШВА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОИСТВА СЗАРНОЙ ТОЧКИ

Резрме

В работе определено оптимыльные режимы сварной точки стали 05Х толщиной в 1 и 2 мм. Для оптимельных режимов сварки давлением определено влияние времени проковки на распределение твёрдости в сварной точке для сравнения с испытаниями макроструктуры.

THE INFLUENCE TIME OF PEENING ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF SPOT WELDING NUGGET

Summary

Optimum conditions for a spot welding of mild steel 05X sheet, thick 1 and 2 mm have been determined. For optimum spot welding conditions the influence of peening time on the distribution of Vickers hardness and structure nuggets have been established.