

Jacek MAZURKIEWICZ

Stanisław PAZERA

ŚRUBY O WŁASNOŚCIACH REGULOWANYCH
STOPNIEM ODKSZTAŁCENIA WSADU

Streszczenie. Sprawdzono możliwość otrzymywania śrub nie posiadających wyraźnej granicy plastyczności, na drodze wstępnego umocnienia pręta wsadowego. Otrzymano w ten sposób ze stali St3A śruby w klasach 4.8, 5.8 i 6.8. Stosując dodatkowo wyżarzanie rekrystalizujące przed walcowaniem gwintu otrzymano także klasę 4.6.

1. Wstęp

Celem pracy jest sprawdzenie możliwości otrzymania z jednego rodzaju stali (St3A) śrub w kilku klasach własności mechanicznych. Próby przeprowadzono w urządzeniach produkcyjnych. Wyniki prób, technologię jak też końcowe wnioski umieszczono w niniejszej pracy. Inspiracją do tych badań jak też ich podstawą teoretyczną były opracowania [1], [2].

2. Wprowadzenie

Podczas odkształcenia plastycznego a szczególnie na zimno, metale zmieniają swoje własności mechaniczne. Ogólnie następuje wzrost R_m , R_{02} , HV, zmniejszeniu ulegają własności plastyczne określone przez A_5 , Z.

Uwzględnienie zmian własności mechanicznych stwarza możliwość takiego doboru odkształceń plastycznych, które spowodują nie tylko ukształtowanie śruby ale także i zmianę jej własności mechanicznych w takim stopniu by odpowiadały one wymaganiom normy PN-70/M-82054.

Istnieje zatem możliwość przyjęcia w procesie kształtowania śruby takiego całkowitego odkształcenia w poszczególnych jej częściach by posiadały one z góry założone własności mechaniczne. W tym celu niezbędnym jest określenie zmian żądanych własności mechanicznych zależnych od wielkości odkształcenia. Zależności te ujmują wykresy umocnienia. Dla stali St3A wykres zamieszczony w pracy [1] określa wielkości tych zmian.

3. Badania

Podczas badań stosowano jako odkształcenie zastępcze intensywność odkształceń rzeczywistych φ_1 . Wielkość tę dla monotonicznego stanu odkształcenia podaje zależność (1)

$$\varphi_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} \sqrt{\varphi_1^2 + \varphi_2^2 + \varphi_3^2}, \quad (1)$$

gdzie $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ odpowiadają kolejnym co do wartości głównym odkształceniom rzeczywistym.

Dla procesów osiowo symetrycznych takich, jak ciągnięcie, spęczanie, wyściskanie omawianych w niniejszej pracy zachodzą dodatkowe zależności pomiędzy φ_2 i φ_3 w postaci

$$\varphi_2 = \varphi_3$$

oraz

$$\varphi_2 = -\frac{\varphi_1}{2}.$$

Prowadzi to do przekształcenia zależności (1) w następującą postać

$$\varphi_1 = 2|\varphi_2|,$$

gdzie

$$\varphi_2 = \ln \frac{d_0}{d_1} \quad (2)$$

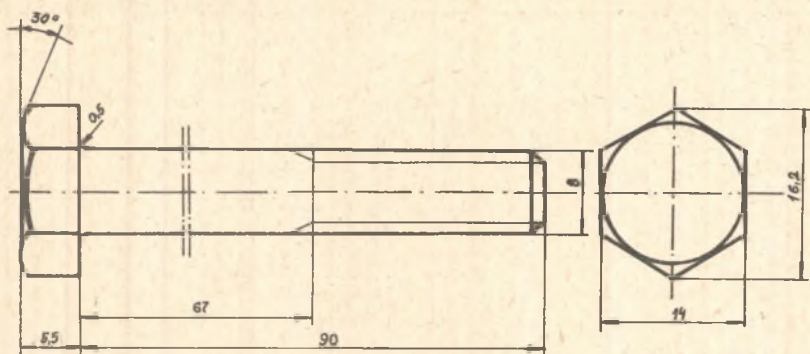
a d_0 - średnica początkowa odkształconego pręta,

d_1 - średnica końcowa odkształconego pręta.

Wszystkie wartości odkształcenia φ_i otrzymano na podstawie obliczeń wg zależności (2).

W badaniach tutaj opisanych, proces regulujący wielkością odkształcenia własności mechaniczne wyprzedzał kształtowanie śruby. Był to proces ciągnięcia, w którym poprzez odpowiednią zmianę przekroju materiału wsadowego otrzymywano różne wielkości odkształcenia, a co za tym idzie również i umocnienia wsadu na śruby. W ten sposób uniknięto konieczności zmiany matryc i oprzyrządowania urządzeń pracujących wg dotychczasowej technologii.

Wsadem do prowadzonych badań była walcówka o średnicy 12,0 mm ze stali St3A o $R_m = 40,4 \frac{dN}{mm^2}$, $R_e = 26 \frac{dN}{mm^2}$, $A_5 = 25,4\%$. Materiał ten posiadał jedynie wydłużenia A_5 o 0,4% większe od wymaganego minimum = 25%.



Rys. 1. Śruba użyta do badań

Materiałem wsadowym do kształtowania śruby M8 rys. 1 były pręty o średnicy 7,85 mm i stopniach wstępnego odkształcenia $\varphi_1 = 0,858$; 0,524; 0,3562 i 0,0378. Odkształcenia te otrzymano stosując pomiędzy operacjami ciągnięcia walcówki ze średnicy 12,0 mm wyżarzania rekrytalizujące.

Wyżarzaniu podlegały pręty o średnicy 12,0; 10,2; 9,4 lub 8,0 mm. Następnie były one ciągnięte do średnicy równej 7,85 mm. Pierwszą operacją kształtującą śrubę była redukcja części trzpienia przeznaczonej pod gwint. Redukcji tej dokonano przez wyciskanie trzpienia zmniejszając jego średnicę z 7,85 do 7,16 mm. Odkształcenie to spowodowało wzrost zredukowanego odkształcenia rzeczywistego o $\varphi_1 = 0,186$.

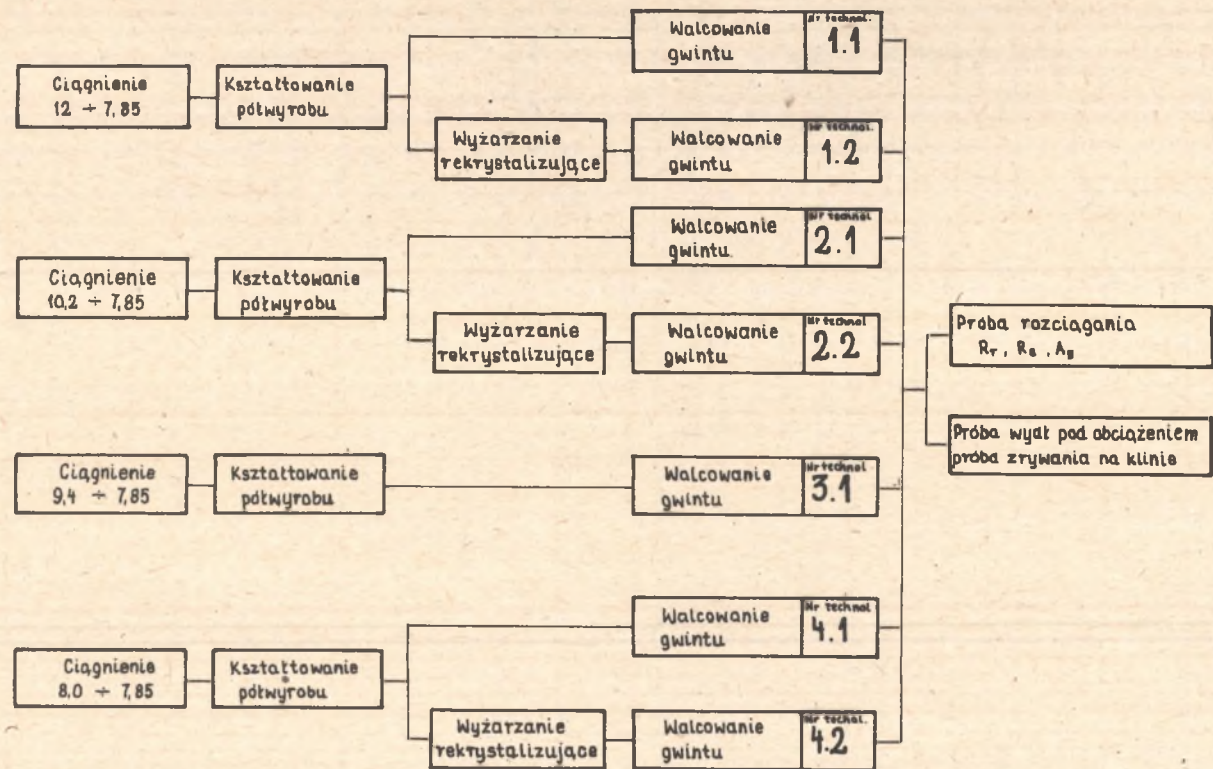
Równocześnie z operacją redukcji rozpoczął się proces dwuetapowego spęczania części przeznaczonej na łeb śruby. Spęczanie to wykonywano strefowo aby nie przekroczyć granicznej ze względu na wyobczenie smukłości pręta. Graniczna wartość smukłości wynosi dla tych procesów 2,6. Maksymalna średnica łba śruby po drugim etapie spęczania wynosiła 16,8 mm. Operacja epęczania spowodowała w strefie łba śruby wzrost zredukowanego odkształcenia rzeczywistego o $\varphi_1 = 1,52$. Część tak otrzymanych półwyrobów, bez gwintu, poddano procesowi wyżarzania rekrytalizującego. Następnie w obu grupach nawalcowano w identyczny sposób gwint.

W ten sposób prowadząc obróbkę materiału wsadowego otrzymano siedem grup śrub. Śruby te poddano badaniom potrzebnym do klasyfikacji wg własności mechanicznych.

Schemat stosowanych technologii, ich numerację i badania otrzymanych śrub przedstawia rys. 2.

Wyniki badań wytrzymałościowych śrub otrzymanych wg siedmiu wersji technologii podano w tabeli 1 i 2.

Wyznaczenie R_m i R_e lub R_{02} oraz A_5 posłużyło do wstępnej klasyfikacji. Śruby spełniające wstępne wymagania dwóch klas były poddane badaniom wymaganym dla każdej z tych klas. Uściślenie wstępnej klasyfikacji nastąpiło dopiero po wykonaniu wszystkich przewidzianych w tym celu norm badań. Ostatnia rubryka tabeli 2 podaje końcowy wynik przyjętej wstępnie klasyfikacji. Wytnik dodatni oznacza spełnienie wymagań stawianych przyjętą klasyfikacją.



Rys. 2. Schemat technologii i pomiarów

Tabela 1

Własności mechaniczne na podstawie próby rozciągania

Nr wersji technologii wg rys. 2	Wstępne odkształcenie przy ciągnięciu φ_1	$R_{m\acute{e}r} \frac{dN}{mm^2}$	$R_{e\acute{e}r} \frac{dN}{mm^2}$	$A_{5\acute{e}r} \%$	Wynik próby rozciągania na klinie
1.1.	0,858	69,9	63,2 ^x	6,5	dodatni
1.2.	0,000	39,6	34,6	31,3	dodatni
2.1.	0,524	62,3	56,1 ^x	11,6	dodatni
2.2.	0,000	41,7	32,5	33,3	dodatni
3.1.	0,356	58,2	49,5 ^x	13,5	dodatni
4.1.	0,0378	45,3	41,8 ^x	15,2	dodatni
4.2.	0,000	34,4	18,1	33,9	dodatni

x - w rubryce R_e oznacza umowną granicę plastyczności przyjętą jako R_{02} .

Tabela 2

Odkształcenie po obciążeniu i końcowe wyniki prób kwalifikacyjnych

Nr wersji technologii wg rys. 2	Wstępna klasyfikacja wg tab. 1	Obciążenie próbne dN	Wydłużenie po obciążeniu próbnym	Końcowy wynik prób
1	2	3	4	5
1.1.	-	-	-	ujemny, za małe A_5
1.2.	4.8	1030	10,0	ujemny, duże wydłuż. po próbnym obciążeniu
			23,0	
	4.6	804	4,0	dodatni
			4,0	
2.1.	6.8	1520	9,0	dodatni
			10,0	
			5,0	
			4,0	
2.2.	4.8	1030	19,0	ujemny, duże wydłuż. po próbnym obciążeniu
			12,3	
	4.6	804	2,0	dodatni
3,0				
3.1.	5.8	1275	4,0	dodatni
			7,0	
			6,0	

cd. tabeli 2

1	2	3	4	5
4.1.	4.8	1030	3,0	dodatni
			6,0	
			5,0	
			8,0	
4.2.	3.6	667	10,0	ujemny, duze wydłuż. po próbnym obciążeniu
			80,0	
			18,0	
			48,0	

4. Analiza wyników badań

Własności walcówki przeznaczonej na wsad, mimo zgodności z normą były istotnie różne od opisanych wykresami w pracy [1]. Spowodowało to, że wykresy umocnienia podawały zbyt dużą w stosunku do rzeczywistości wartość A_5 . Miało to istotne znaczenie dla technologii 1.1. tzn. przy odkształceniu wstępnym $\varphi_1 = 0,858$. W pozostałych przypadkach o negatywnym wyniku klasyfikacji decydowała wartość wydłużenia po obciążeniu próbnym, która nie może przekraczać wielkości $12,5 \mu\text{m}$. Próba ta miała istotne znaczenie dla stosowanych technologii 4.2, 1.2. i 2.2 do śrub o klasie 4.8. Dla pozostałych technologii produkcji śrub zgodnych z wymaganiami klas 6.8; 5.8; 4.8; 4.6 - wyniki były pozytywne.

Porównując otrzymane wyniki z przewidywanymi na podstawie krzywych umocnienia [1], stwierdzono zasadniczą zgodność. Występujące pojedyncze odchyłki wynikły z:

1. Różnych własności mechanicznych, a w szczególności A_5 , stali St3A. Stal ta w kręgu przeznaczonego do sporządzania krzywych umocnienia posiadała $A_5 = 36,2\%$, a w kręgu do prób technologicznych $A_5 = 25,4\%$.
2. Nieuwzględnienia na wykresie [1] wielkości odkształcenia po obciążeniu próbnym.

Jak wynika z badań konieczne jest wzbogacenie wykresów [1] o tolerancje zmian własności mechanicznych dopuszczalnych przez normę. Pozwoliłoby to wyznaczyć bezpieczny przedział odkształceń, koniecznych dla otrzymania śrub o żądanych własnościach mechanicznych. Dodatkowo potrzebnym wykresem byłoby zależności odkształcenia po obciążeniu próbnym od całkowitego odkształcenia.

Pomiary odkształcenia po obciążeniu próbnym wykazały ich dużą zmienność zależną od φ_1 oraz wielkości obciążenia. Wskazuje to na możliwość ustalenia takiej zależności, która pozwoliłaby na skorygowanie stosowanej

technologii pod względem zapewnienia gotowym wyrobom ograniczonego do $12,5 \mu\text{m}$ wydłużenia po obciążeniu próbnym.

Spełnienie warunku wydłużenia po obciążeniu próbnym jest jednym z najtrudniejszych do uzyskania przez obecnie produkowane śruby.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że ze stali St3A można otrzymać śruby w klasach 4;5 i 6/ R_{min} 38,5; 49,0; 59,0 $\frac{dN}{mm^2}$. Klasy wyższe, np. 8, nie będą spełniały warunku dla A_5 , klasy niższe, np. 3, nie spełniają warunku wydłużenia po obciążeniu próbnym. Czynnikiem decydującym o zatwierdzeniu śruby w klasie 4 po spełnieniu warunku dla R_m i R_e będzie wydłużenie po obciążeniu próbnym, a dla klasy 6 wydłużenie A_5 .

Ponieważ technologia przygotowania wsadu na śruby w jednakowym stopniu zmieniała jego własności wytrzymałościowe, dlatego nie wystąpiły miejsca o istotnie gorszych własnościach, które ujawnia próba rozciągania na klinie. Wszystkie wyniki tej próby były pozytywne.

5. Wnioski

1. Ze stali St3A można otrzymać śruby w klasach 4.8; 5.8; 6.8 oraz w pozostałych uwzględnionych na wykresie [1], stosując odmiennie dla każdej z klas odkształcenie wstępne.
2. Wyżarzając przed walcowaniem gwintu półprodukt śruby ze stali St3A otrzymano klasę 4.6.
3. Wstępne odkształcenie prętów na śruby zapewnia mniejsze odkształcenie pod obciążeniem próbnym.

LITERATURA

- [1] Badania nad poprawą własności śrub wytwarzanych metodami przeróbki plastycznej, część III. Analiza odkształceń przy produkcji śrub. Sprawozdanie Instytutu Inżynierii Materiałowej Pol. Śl. nr 1/9/75 (niepublikowane).
- [2] Mazurkiewicz J., Wójcik S.: Niezbędne odkształcenia dla otrzymania śrub w wybranych klasach własności mechanicznych - Hutnik 1975, nr 2, s. 78-82.

ПОЛУЧЕНИЕ НАКАТАННЫХ БОЛТОВ РАЗНОГО КЛАССА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАННОГО УКРЕПЛЕНИЯ ШИХТЫ

Резюме

Проведены возможности продукции из одного сорта стали Ст3А болтов в нескольких классах механических свойств. В итоге промышленных испытаний получены болты в классах 4.6, 4.8, 5.8, 6.8. Такая разновидность свойств болтов получена путем изменения упрочения шихты.

GETTING THE SCREWS OF REGULATED PROPERTIES
BY MEANS OF STRAIN HARDENING

S u m m a r y

Possibility of making screws in mentioned below classes of mechanical properties, from one kind of steel, has been proved. Those classes have been achieved by various strain hardening degrees of charge bolt. The screws were in classes: 4.6, 4.8, 5.8, 6.8 according to PN-70/M-82054.