ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1974

Seria: Hutnictwo z. 5 Nr kol. 416

Eugeniusz Hadasik
Andrzej Sobański
Instytut Inżynierii Materiałowej

WPŁYW SKŁADU CHEMICZNEGO NA WŁASNOŚCI MECHANICZNE BLACH GRUBYCH ZE STALI 18G2A Z DODATKIEM WANADU

Streszczenie. W pracy przedstawiono wpływ składu chemicznego wyrażony przez umownie przyjęty równoważnik węgla oraz zawartość wanadu na własności mechaniczne blach grubych ze stali 18G2A z dodatkiem wanadu w ilości 0,14 do 0,23%. Omawiane zależności otrzymano w wyniku statystycznej analizy wyników produkcyjnych z 80 wytopów.

Własności stali określane są przez ich skład chemiczny i strukturę. Najprostszą możliwością zwiększenia wytrzymałości stali konstrukcyjnych jest zmiana ich składu chemicznego. Wychodząc ze znanego wzoru Petcha, Greday i Lutts [1] otrzymali następującą zależność, określającą poziom granicy plastyczności:

$$R_e = \sigma_0 + k_i \% M_{ei} + k_y d^{-\frac{1}{2}} + k'_y l^{\frac{1}{2}}$$

gdzie:

σ_0 – naprężenie tarcia wewnętrznego w sieci metalu osnowy,

k_i – współczynnik uwzględniający wpływ dodatków stopowych, w stali na poziom R_e,

$\% M_{ei}$ – procentowa zawartość danego dodatku,

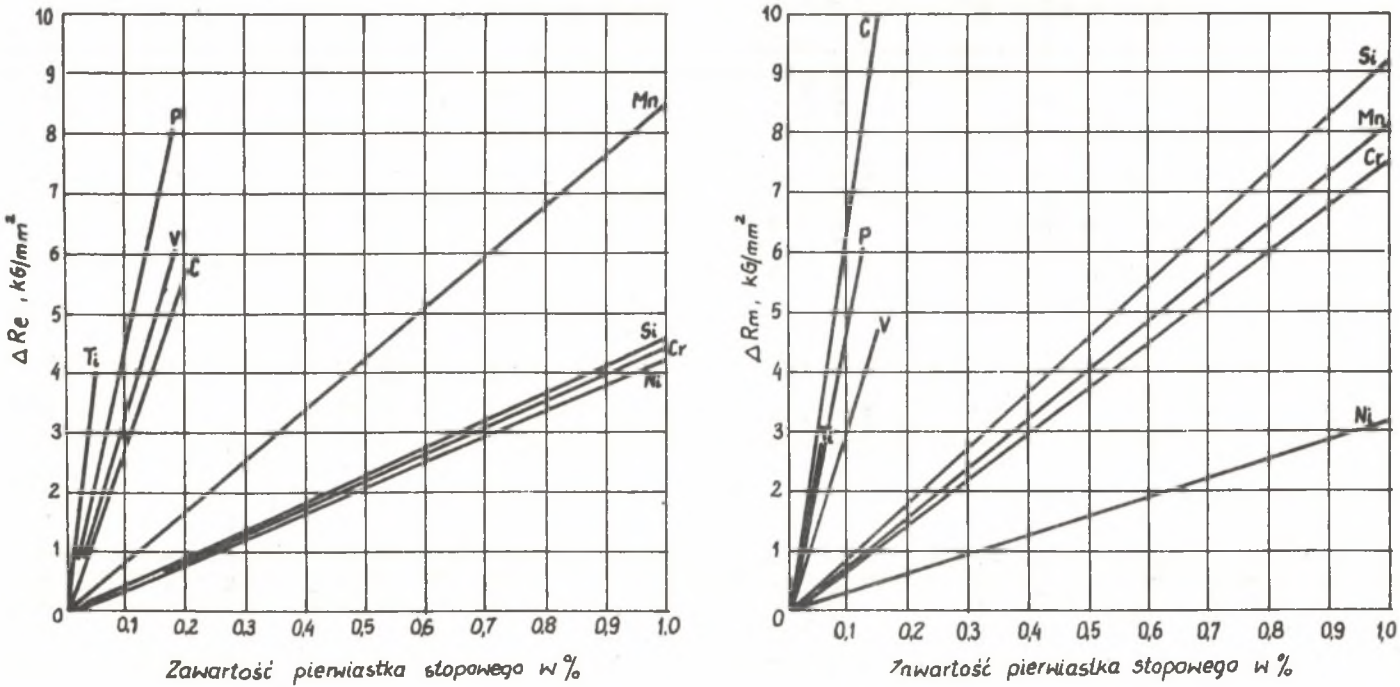
k_y – współczynnik uwzględniający wielkość ziarn,

d – przeciętna średnica ziarna, mm

k'_y – współczynnik uwzględniający wpływ wydzieleń dyspersyjnych,

l – przeciętna odległość między wydzieleniami, mm

Zwiększając w stali zawartość głównych pierwiastków: węgla, krzemu i manganu oraz wprowadzając do stali pierwiastki stopowe takie jak chrom i nikiel można zwiększyć własności wytrzymałościowe materiału, tzn. granicę plastyczności i wytrzymałość na rozciąganie. Na rys. 1 [2] podano przegląd wpływu jednostkowych ilości pierwiastków występujących w stalach konstrukcyjnych na ich własności w stanie normalizowanym. Zwiększenie zawartości węgla jest sposobem najtańszym, ale wywiera ono ujemny wpływ na własności plastyczne, a w szczególności na temperaturę przejściową [3].



Rys. 1. Wpływ różnych pierwiastków stopowych na przyrost granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie [1]

Nikiel, mangan oraz w niewielkiej ilości krzem działają korzystnie zarówno na własności wytrzymałościowe jak i plastyczne. Zwiększenie wytrzymałości z jednoczesnym utrzymaniem odpowiednio niskiej temperatury przejścia w stan kruchy uzyskać można przez rozdrobnienie ziarn ferrytu i utwardzenie dyspersyjne wydzieleniami, utworzonymi w stali za pomocą niewielkich ilości Al, V, Nb, Ti. Oprócz składu chemicznego bardzo ważnym czynnikiem oddziaływania na strukturę jest przebieg procesu technologicznego. Pomiędzy etapami wlewek - gotowa blacha istnieją takie czynniki jak temperatura nagrzania wlewka, ilość, wielkość i rozkład gniotów pojedynczych oraz całkowity przerób w kierunku osi wlewka i do niego prostopadłym rozkład temperatur w procesie a zwłaszcza temperatura końca walcowania, przebieg stygnięcia po walcowaniu oraz rodzaj i parametry końcowej obróbki cieplnej.

Celem omawianych badań było sprawdzenie wpływu zmian składu chemicznego stali w gatunku 18G2A wg ZN-69/0632-25, jakie występują w rzeczywistym procesie produkcyjnym, na otrzymane własności mechaniczne. Chcąc ograniczyć wpływ innych, poza składem chemicznym stali, parametrów procesu technologicznego badania przeprowadzono przy pomocy analizy statystycznej wyników otrzymanych przy walcowaniu blach o grubościach od 6 do 60 mm, pochodzących z 80 wytopów. W rozpatrywanych wytopach zawartość węgla wahała się od 0,15 do 0,22%, manganu od 1,20 do 1,65%, krzemu od 0,25 do 0,53% fosforu od 0,012 do 0,040%, siarki od 0,014 do 0,038%, wanadu od 0,14 do 0,23%, aluminium od 0,02 do 0,08%. Aby uniezależnić wpływ składu chemicznego na własności mechaniczne od grubości blachy, w badaniach statystycznych wykorzystano własności mechaniczne blach o jednakowej grubości 25 mm. Szczegółowej analizie poddano wpływ zmiennej zawartości wanadu oraz wypadkowego działania wszystkich podstawowych pierwiastków, ocenionych poprzez zastępczy równoważnik węgla wyznaczony ze wzoru:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

który w rozpatrywanych wytopach wahał się w granicach od 0,44 do 0,56%.

Problem przedstawiono w postaci funkcji trzech zmiennych:

$$z = a\,x + b\,y + c$$

gdzie:

- z - własności wytrzymałościowe Re, Rm (kG/mm^2), A_5 (%), $KM_{-40\,^oC}$ (kGm/cm^2),
- x - równoważnik węgla (%),
- y - zawartość wanadu (%).

Taką postać funkcji zadano ze względu na zbieżny do jej przebiegu rozkład punktów naniesionych na wykresach roboczych. Do wyznaczenia współ-

czynników a, b, c, tej funkcji wykorzystano metodę najmniejszych kwadratów, co zapewniło minimalne odchylenia tej funkcji od rzeczywistych wartości. Obliczenia przeprowadzono na elektronicznej maszynie cyfrowej ICL 4 - 50. Ostatecznie otrzymano zależności:

$$Re = 37,2\ C_E + 16,0\ V + 27,7,\ kG/mm^2\ (1\ kG/mm^2 = 9,81\ N/mm^2),$$

$$Rm = 54,5\ C_E + 42,7\ V + 32,2,\ kG/mm^2,$$

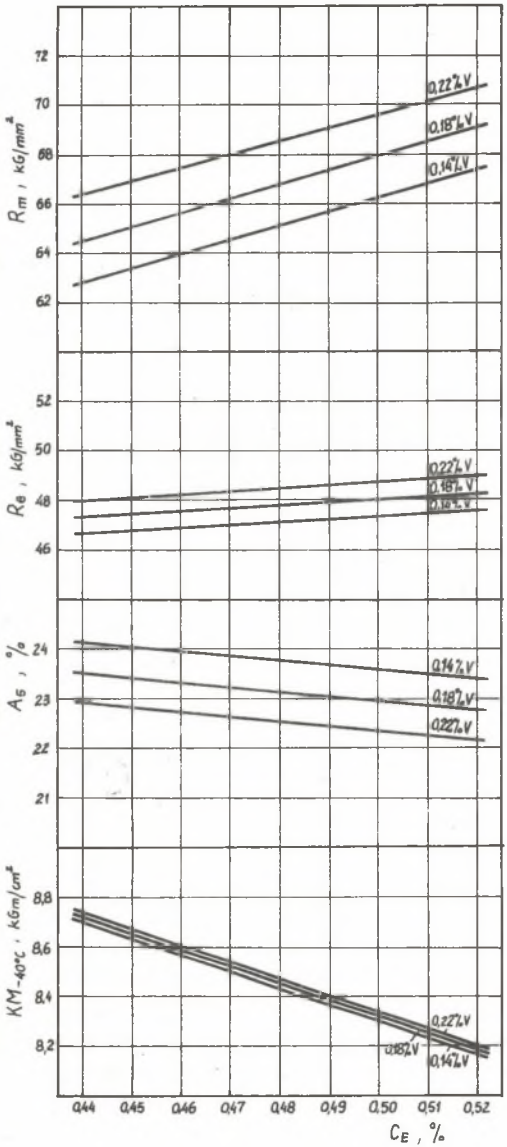
$$A_5 = -\ 9,1\ C_E - 16,0\ V + 30,5,\ \%,$$

$$KM_{-40^oC} = -\ 6,98\ C_E + 0,17\ V + 11,8,\ kGm/cm^2,\ (1\ kGm/cm^2 = 9,81\ J/cm^2),$$

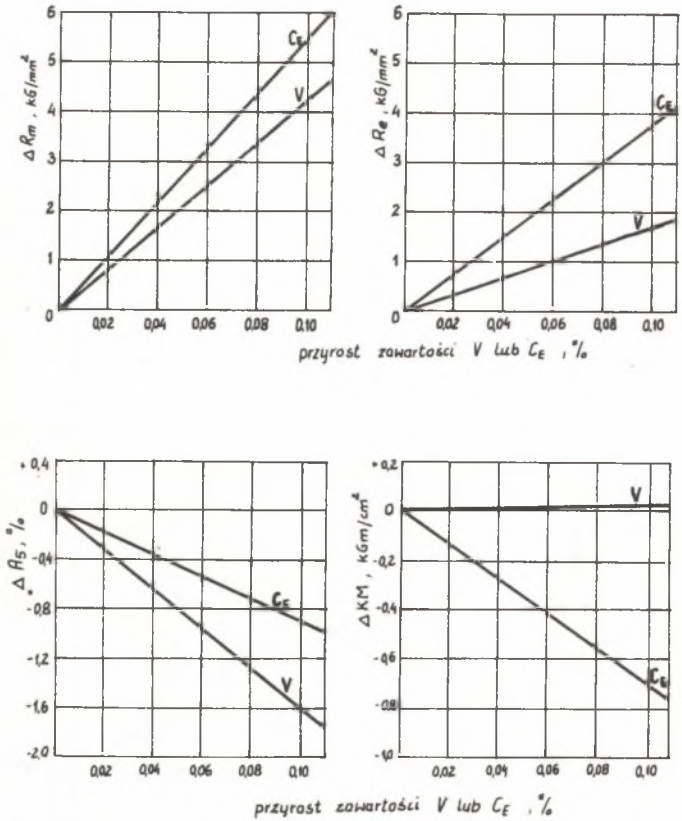
wyprowadzone na poziomie ufności 0,95.

Dla zobrazowania wpływu równoważnika węgla i wanadu na własności mechaniczne powyższe zależności przedstawiono na rys. 2, natomiast na rys.3 podano wpływ jednostkowych zmian C_E i V na przyrost własności mechanicznych. Z otrzymanych zależności wynika, że przy zachowaniu stałej zawartości wanadu, zwiększenie o 0,1% równoważnika węgla powoduje wzrost Re o 3,7 kG/mm^2 i Rm o 5,45 kG/mm^2 a spadek A_5 o 0,9% i KM_{-40^oC} o 0,7 kGm/cm^2. Wzrost zawartości wanadu o 0,1% przy zachowaniu stałej wartości równoważnika węgla powoduje wzrost Re o 1,6 kG/mm^2, Rm o 4,3 kG/mm^2, spadek A_5 o 1,6% oraz nieznaczny, praktycznie pomijalny wzrost udarności o 0,02 kGm/cm^2. Jednostkowy przyrost równoważnika węgla w porównaniu z jednakowym przyrostem zawartości wanadu wpływa w większym stopniu na podwyższenie własności wytrzymałościowych Re i Rm oraz obniżenie udarności, natomiast powoduje mniejszy spadek wydłużenia A_5. Analiza wyników własności mechanicznych blach wykazała również, że przy zawartościach wanadu i węgla powyżej 0,2% a manganu powyżej 1,5%, rozrzut własności mechanicznych jest większy aniżeli przy niższych zawartościach tych składników. Wskazuje to na celowość obniżenia górnych granic zawartości tych pierwiastków. Z zestawienia średnich wyników własności mechanicznych blach o grubości 6 do 60 mm wynika (rys. 4), że dla blach powyżej 10 mm średnie wyniki własności mechanicznych zależą nieznacznie od grubości. Wobec tego otrzymane zależności można zastosować z pewnym przybliżeniem dla grubości od 12 do 60 mm.

Otrzymane wyniki (rys. 2, 3) potwierdzają tylko w najogólniejszym sensie dane literaturowe [2], (rys. 1). Przykładowo wzrost zawartości wanadu o 0,1% daje przyrost Re o 3,2 kG/mm^2 i Rm o 3 kG/mm^2, natomiast w badaniach własnych otrzymano wzrost Re o 1,6 kG/mm^2 i Rm o 4,7 kG/mm^2. Statystyczna analiza wykazała więc istotniejszy wpływ dodatku wanadu na wytrzymałość na rozciąganie niż na granicę plastyczności, co należy uznać za zja-

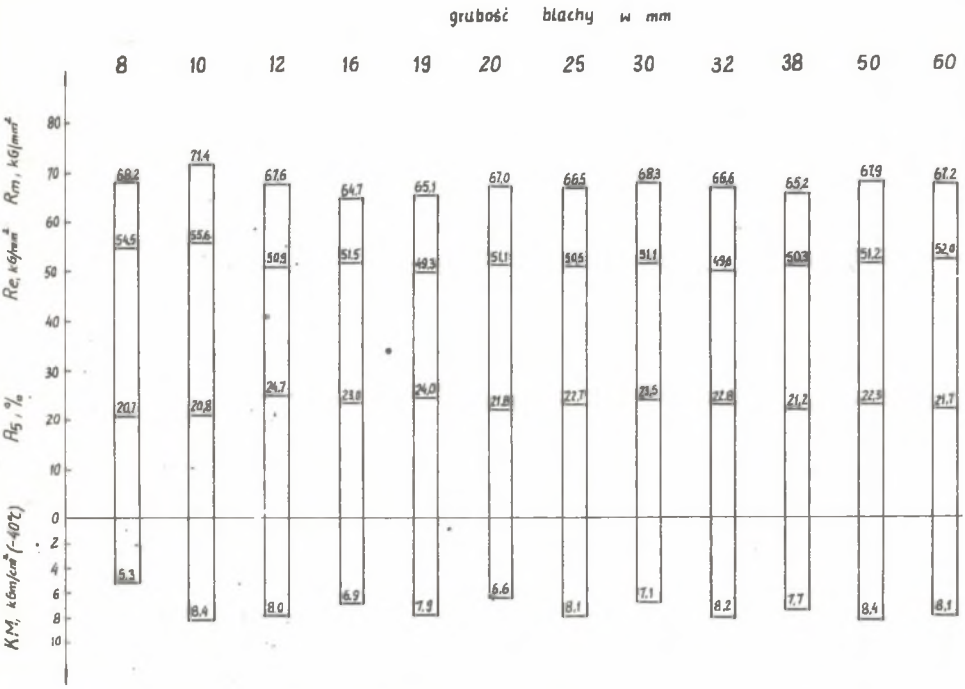


Rys. 2. Zależność własności mechanicznych blach od równoważnika węgla i zawartości wanadu



Rys. 3. Wpływ jednostkowych zawartości równoważnika węgla i wanadu na przyrost własności mechanicznych

wisko niekorzystne. Z tego względu otrzymane wyniki wskazują na niecelowość stosowania wanadu na poziomie górnych przebadanych zawartości. Niewielki wzrost granicy plastyczności nie rekompensuje kosztów wprowadzenia tego składnika, powodując równocześnie obniżenie wydłużenia A_5 o około 1,6% na 0,1% przyrostu wanadu. Wyniki tych badań są w tym względzie potwierdzeniem słuszności zmian wprowadzonych przez nową PN-72/H-84018 przewidującą zmniejszenie górnej granicy wanadu o zawartości 0,2% w stosunku do dawniej obowiązujących 0,25% i odpowiednio węgla z 0,22% do 0,20%.



Rys. 4. Zestawienie średnich wyników własności mechanicznych w zależności od grubości blach ze stali 18G2AV

[1] Greday A., Lutts A.: CNRM, 1966, nr 8, s. 29.

[2] Piehl A.: Produkcja i zastosowanie wysokowytrzymałościowych drobnoziarnistych stali konstrukcyjnych. Referat firmy Rheinstahl. SITPH, Katowice, 1973.

[3] Lubuśka A., Wieczorek E.: Wiadomości Hutnicze, 1972, nr 7-8, s. 267-273.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОЛСТОЙ ПОЛОСЫ ИЗ СТАЛИ 18Г2А С ДОБАВЛЕНИЕМ ВАНАДИЯ

Р е з ю м е

В работе представлено влияние химического состава, выраженного условно принятым эквивалентом углерода и содержанием ванадия на механические свойства толстолистового металла прокатного из стали 18Г2А с добавлением ванадия в количестве 0,14 до 0,23%. Рассматриваемые зависимости получено в итоге статистического анализа результатов из 80 промышленных плавок.

THE INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION UPON MECHANICAL PROPERTIES OF PLATES MADE OUT OF 18G2A STEEL WITH ADDITION OF VANADIUM

S u m m a r y

The article presents the influence of chemical composition expressed by conventionally accepted equivalent of coal and contents of vanadium upon mechanical properties of plates made out of 18G2A steel with addition of vanadium in amounts of 0,14 to 0,23%. The above discussed dependence have been obtained as the result of statistical analysis of the productive results out of 80 melts.