

Wydano 20 grudnia 1941

BIBLIOTE

URZĄD PATENTOWY w WARSZAWIE OPIS PATENTOWY

Urzędu Patentowe
Polskiej Republiki

Nr 30199

Kl. 18 ~~d, 2/20~~

C22c 39/54

Kohle- und Eisenforschung G. m. b. H., Düsseldorf

40b, 39/54

Stal stopowa, przeznaczona do wyrobu przedmiotów mających wykazywać dużą odporność na działanie ciepła i dużą wytrzymałość na długotrwałe obciążenia stałe, oraz sposób jej obróbki cieplnej

Zgłoszono 21 maja 1937

Udzielono 14 listopada 1941

Pierwszeństwo: 11 czerwca 1936 (Niemcy)

W technice znana jest znaczna liczba stali stopowych o dużej odporności na działanie ciepła i dużej wytrzymałości na długotrwałe obciążenia stałe (pełzanie), poniżej zwanej wytrzymałością stałą, stosowanych do wyrobu przedmiotów obciążanych mechanicznie w wyższych temperaturach. W temperaturach powyżej 500°C wytrzymałość tych znanych stopów stalowych znacznie spada. Przy budowie nowoczesnych kotłów parowych, maszyn lub innych aparatów potrzebne są stale stopowe odznaczające się szczególnie dużą wytrzyma-

łością stałą również i w temperaturach powyżej 500°C.

Wpływ poszczególnych składników stali stopowej na jej wytrzymałość stałą był już wielokrotnie badany, jednakże nie udało się dotychczas ustalić reguł umożliwiających w dostatecznym stopniu najkorzystniejsze dobieranie składu chemicznego stali. Natomiast stwierdzono, że stale stopowe o jednakowym składzie chemicznym wykazują bardzo różne wartości wytrzymałości stałej, przy czym nie można było znaleźć widocznego powodu tych różnic. Te różni-

ce wartości wytrzymałości stałej stwierdzono również i w stalach, które były poddawane w stanie uszlachetnionym długotrwałym obciążeniom w wysokich temperaturach; często odradzano nawet stosowanie uszlachetniającej obróbki stali i przypisywano stosunkowo największą wytrzymałość stałą stali o strukturze grubokrystalicznej. Wobec tego przy stosowaniu wypróbowanych już stali oraz przy wytwarzaniu nowych stali stopowych trzeba było dotychczas zadowalać się głównie doświadczalnym wypróbowywaniem ich zachowania się w podwyższonych temperaturach.

Stwierdzono jednak, że wytrzymałość stała stali stopowych w temperaturach wyższych, zwłaszcza powyżej 500°C, jest tym większa, im wyższa jest z jednej strony temperatura rozpuszczania się węglików, z drugiej zaś strony — temperatura górnego punktu przekształcania się Ac_3 . Warunki te można spełnić w stalach stopowych przez wprowadzanie do nich metali, które w układzie podwójnym z żelazem, to znaczy w układzie żelazoskładnik wprowadzony, zwężają obszar przekształcania się, oraz przez wzajemne dostosowywanie zawartości tych składników i zawartości węgla w ten sposób, aby osiągnąć najkorzystniejsze warunki podwyższenia temperatury górnego punktu przekształcania się. Przedmiotem wynalazku niniejszego jest przeto stal stopowa, służąca do wyrobu przedmiotów posiadających w wysokich temperaturach, zwłaszcza zaś powyżej 500°C, dużą wytrzymałość stałą, a więc np. do wyrobu części kotłów, zaworów i sprężyn do zaworów silników spalinowych, śrub, sworzni itd. W skład tych stali wchodzi co najmniej składniki zwężające obszar przekształcania się odmiany γ w układzie podwójnym z żelazem, np. molibden, wanad, krzem i aluminium, w ilościach tak dostosowanych do zawartości węgla, aby osiągnąć możliwie najwyższą temperaturę przekształcania się

stali stopowej (Ac_3), najlepiej około 1000°C lub wyższą.

Poniższy przykład wyjaśnia w jakim stopniu składniki stali zwężające w znany sposób obszar γ , np. molibden, wanad, krzem, wolfram i aluminium, podwyższają temperaturę górnego punktu przekształcania się stali. Inne składniki zwężające obszar γ są przytoczone w pracy F. Wewera „Ueber den Einfluss der Elemente auf den Polymorphismus des Eisens“ w czasopiśmie „Archiv für das Eisenhüttenwesen“ tom 2 (1928 — 29).

Fig. 1 wyjaśnia działanie dowolnego składnika B zwężającego obszar γ . Linia $M — R — O — N$ ogranicza obszar γ czystego żelaza, czyli przy zawartości 0% węgla; linia $M' — S — P — N'$ — przy zawartości 0,1% węgla; linia zaś $M'' — T — Q — N''$ odpowiada zawartości 0,2% węgla. Składnik B z początku, w miarę wzrostu jego zawartości, podwyższa temperaturę górnego punktu przekształcania się, która dla czystego żelaza wynosi około 900°C; z wykresu widać, że temperatura ta osiąga wartość około 1200°C przy zawartości b'' % składnika B w przypadku 0% węgla względnie przy zawartości b'' % i 0,1% węgla i w końcu przy zawartości b''' % i 0,2% węgla. Z wykresu widać też, że w miarę zwiększania zawartości węgla w stali należy też zwiększyć odpowiednio zawartość w niej składnika B , aby osiągnąć zamierzone podwyższenie punktu przekształcania się.

Na fig. 2 przedstawiono na podstawie doświadczeń oraz na podstawie danych, jakie w obecnej chwili można znaleźć w literaturze technicznej, wzajemną zależność pomiędzy zawartością węgla w stali, najkorzystniejszą dla otrzymania możliwie najwyższej temperatury przekształcania się, a zawartością aluminium, wanadu, molibdenu, krzemu i wolframu. Na osi odciętych odłożona jest zawartość aluminium względnie wanadu, molibdenu lub innych

składników, na osi rzędnych zaś — zawartość węgla. Ze względu na wahania składu chemicznego stali występujące w praktyce, najwyższa wartość temperatury przekształcania się (linie *O*, *P* lub *Q* na fig. 1) nie zawsze da się utrafić zupełnie dokładnie; jednakże najkorzystniejsza zawartość składnika stali może być o 20% niższa, niż to odpowiada mocno wyciągniętym krzywym, odpowiadającym poszczególnym składnikom na fig. 2, nie pociągając za sobą znacznego pogorszenia wytrzymałości stałej wskutek spowodowanego przez to obniżenia temperatury przekształcania się. W odniesieniu do najkorzystniejszych zawartości składników można przeto podać obszary, odpowiadające np. według fig. 1 obszarom a_1 (pomiędzy a' i b'), a_2 (pomiędzy a'' i b'') oraz a_3 (pomiędzy a''' i b'''). Obszary te na fig. 2 są zaznaczone kreskowaniem po lewej stronie krzywych. Krzywe podane według obecnego stanu techniki mogą być poprawione na podstawie wyników dalszych badań bez zmiany przedmiotu wynalazku.

Poszczególne składniki stopowe zwięzające obszar γ mogą być stosowane oddzielnie lub też po kilka razem, przy czym jeden ze składników może być zastępowany częściowo lub całkowicie innym, jednak tak, aby następowało podwyższenie temperatury przekształcania się. Przy zastosowaniu kilku składników stali, które pod względem ich oddziaływania na podwyższenie temperatury przekształcania się działają suma-

rycznie, najkorzystniejszy skład chemiczny stali stopowej można dobrać według równania następującego:

$$\frac{a \% X}{ap \% X} + \frac{b \% Y}{bp \% Y} + \frac{c \% Z}{cp \% Z} + \dots = m$$

W równaniu tym litery *a*, *b*, *c*..... oznaczają rzeczywiste zawartości procentowe w gotowej stali żądanych składników *X*, *Y*, *Z* zwięzających obszar γ ; litery *ap*, *bp* względnie *cp*..... — zawartość procentową odpowiedniego składnika stali, przy której mieszany kryształ γ wykazuje — według schematu fig. 1 względnie według danych z fig. 2 — najwyższą wartość temperatury przekształcania się (punkt Ac_3) przy zawartości $p\%$ węgla w układzie podwójnym z żelazem; liczba *m* posiada wartość 0,8 — 1%.

Według fig. 1 składnikowi *B* przy zawartości 0,1% węgla odpowiada najwyższa temperatura przekształcania się, oznaczona punktem *P*, przy czym w podanym wyżej równaniu mianownik posiada wówczas wartość $b''\%B$. W przypadku zawartości w stali składników, których działanie na temperaturę przekształcania się nie jest sumaryczne, przytoczone wyżej równanie padaje najkorzystniejsze zawartości składników stali w pewnym przybliżeniu.

Na przykład równanie to w odniesieniu do stali o zawartości węgla 0,05 — 0,2%, zawierającej jako główne składniki krzem, molibden i wanad, przybiera postać następującą:

$$\text{przy } 0,05 \% C : \frac{a \% Si}{2,6} + \frac{b \% Mo}{1,9} + \frac{c \% V}{1,5} = m$$

$$,, \quad 0,10 \% C : \frac{a \% Si}{3,5} + \frac{b \% Mo}{2,3} + \frac{c \% V}{2,0} = m$$

$$,, \quad 0,15 \% C : \frac{a \% Si}{4,2} + \frac{b \% Mo}{2,7} + \frac{c \% V}{2,4} = m$$

$$,, \quad 0,20 \% C : \frac{a \% Si}{5,0} + \frac{b \% Mo}{3,2} + \frac{c \% V}{2,7} = m$$

Mianowniki podane w tych równaniach odpowiadają danym zaczerpniętym z fig. 2. Zamiast trzech wymienionych wyżej składników stali można też oczywiście stosować w tych samych warunkach każdy inny składnik zwięzający obszar γ .

Przy większej liczbie składników określenie najkorzystniejszego składu chemicznego stali dającego najwyższą temperaturę przekształcania się jest, praktycznie biorąc, rzeczą bardzo trudną. W tym przypadku celowe jest przeto zbliżyć się dość znacznie do wyżej podanej dolnej granicy wartości liczby m , a więc do wartości 0,8, aby mieć większą swobodę przy doborze wzajemnych stosunków zawartości poszczególnych składników stali.

Poniżej przytoczono kilka przykładów.

Przykład I. Należy sprawdzić, czy stal o następującym składzie chemicznym posiada skład całkowicie wyrównany pod względem obniżenia temperatury przekształcania się Ac_3 .

Skład stali:

0,05% C 0,64% Si 1,15% Mo.

Wstawiając te wartości do równania otrzymano:

$$\frac{0,64}{2,6} + \frac{1,15}{1,9} = 0,85,$$

skąd wynika, że skład stali jest dobrze dobrany, ponieważ $m = 0,85$.

Przykład II. Należy obliczyć w stali o następującym składzie chemicznym:

0,2% C 1,45% MO 0,62% V

zawartość krzemu, potrzebną obok molibdenu i wanadu do wyrównania obniżenia temperatury przekształcania się

$$\frac{a \% Si}{4,8} + \frac{1,45}{3,2} + \frac{0,62}{2,7} = 0,85.$$

Wynika stąd, że do całkowitego wyrównania górnej temperatury przekształcania się potrzebna jest zawartość krzemu 0,8%, tak iż najkorzystniejszy skład stali jest następujący:

C	Si	Mo	V
0,2	0,8	1,45	0,62%.

Korzystne skutki dostosowywania do siebie zawartości różnych składników stali mogą być jednak według wynalazku wyzyskane całkowicie dopiero wtedy, kiedy stale, które wchodzi tu w rachubę, zostaną poddane uszlachetniającej obróbce cieplnej, odpowiadającej ich podwyższonej temperaturze przekształcania się. Podczas tej obróbki stal poddaje się ogrzaniu powyżej temperatury jej przekształcania się — najlepiej co najmniej o 50°C ponad górną temperaturę przekształcania się, po czym hartuje się ją natychmiast lub też po powolnym ochłodzeniu w piecu do temperatury leżącej około 20°C powyżej punktu Ac_3 . Jako środki do hartowania stosuje się np. wodę, olej, sprężone powietrze itd. Następnie stal odpuszcza się stosując zwykle w takich przypadkach temperatury, przy czym jednak celowe jest odpuszczanie stali w temperaturach leżących około 50°C powyżej temperatury późniejszego zastosowania jej.

Stale stopowe według wynalazku niniejszego, ewentualnie uszlachetnione, wykazują nawet przy długotrwałych obciążeniach nadzwyczaj dużą odporność na działanie ciepła i dużą wytrzymałość stałą, zwłaszcza w temperaturach powyżej 500°C. Nadają się one przeto szczególnie dobrze do wyrobu przedmiotów obciążanych w wysokich temperaturach, np. do wyrobu części kotłów, zaworów, sprężyn zaworowych do silników spalinowych, śrub, sworzni itd.

Jakkolwiek chrom jest zaliczany również do składników zwięzających obszar γ ,

to jednak jego zawartość w stali w ilości 1% — 9% przy małych zawartościach węgla powoduje znaczne obniżenie się górnej temperatury przekształcania się, jak to uwidoczniono na wykresie (fig. 3). Podwyższenie górnej temperatury przekształcania się następuje dopiero przy większych dodatkach chromu, w ilości 9—12%. Na fig. 4 podane są w odniesieniu do różnych zawartości węgla i chromu granice, w których obrębie nie zachodzi obawa zmniejszenia wytrzymałości stałej. Obszary zakreskowane przedstawiają zawartości chromu i węgla, które według wynalazku nie działają ujemnie na wytrzymałość stałą stali. Pozostałe niezakreskowane obszary powodują silne obniżenie się temperatury przekształcania się, wobec czego należy ich raczej unikać przy wyrobie przedmiotów mających wykazywać znaczną wytrzymałość stałą. Skuteczność działania składników stali zwężających obszar γ można znacznie powiększyć w ten sposób, że wszystkie składniki obniżające górną temperaturę przekształcania się, jak np. nikiel, mangan lub chrom w ilościach wspomnianych wyżej, wyklucza się całkowicie lub w możliwie największym stopniu od wchodzenia w skład stali stopowej. Z drugiej jednak strony nieduży dodatek tych składników do stali, w ilości do 2%, pozwala na ewentualne osiągnięcie innych korzyści.

Na przykład w razie potrzeby można zwiększyć zdolność do ulepszania się przez dodanie niklu. Ten sam skutek można osiągnąć przez zwiększenie zawartości węgla w stali, w każdym jednak razie należy też odpowiednio powiększyć zawartość składników, podwyższających temperaturę przekształcania się, a więc np. zawartość molibdenu, wanadu lub innych równoważnych mu składników. W tym przypadku wskazane jest nadać liczbie m , podanej w równaniu, wartość większą niż 0,85.

Celowe też jest spośród składników obniżających obszar γ stosowanie przede

wszystkim w odpowiednich ilościach składników, tworzących z osobna węgliki, np. molibdenu, wanadu, wolframu, tytanu, a także chromu, ponieważ wywierają one szczególnie korzystne działanie na zwiększenie wytrzymałości stałej. Składniki tworzące węgliki powinny przeważać nad składnikami nie tworzącymi węglików, to znaczy suma zawartości procentowych krzemu, aluminium lub fosforu powinna być mniejsza od sumy składników tworzących węgliki, mianowicie molibdenu, wanadu, wolframu i chromu.

Wynalazek niniejszy posiada bardzo doniosłe znaczenie gospodarcze, ponieważ podaje on sposób ograniczenia do minimum ilości stosowanych kosztownych składników stali stopowej i pozwala na wyzyskiwanie ich w sposób najbardziej skuteczny.

Zastrzeżenia patentowe.

1. Stal stopowa, przeznaczona do wyrobu przedmiotów mających wykazywać dużą odporność na działanie ciepła i dużą wytrzymałość na długotrwałe obciążenia stałe (pełzanie), w wysokich temperaturach, zwłaszcza w temperaturze powyżej 500°C, jak np. do wyrobu części kotłów, zaworów, sprężyn zaworowych do silników spalinowych, śrub, sworzni itd., w której skład wchodzi co najmniej także i składniki zwężające obszar γ układu podwójnego tego składnika z żelazem, jak np. molibden, wanad, krzem, aluminium i inne, zawartość zaś tych składników jest dobrana odpowiednio do zawartości węgla w stali w ten sposób, że temperatura przekształcania się A_{c_3} przekracza 1000°C, znamienna tym, że zawartość w niej składników zwężających obszar γ czyni zadość następującemu równaniu

$$\frac{a \% X}{ap \% X} + \frac{b \% Y}{bp \% Y} + \frac{c \% Z}{cp \% Z} + \dots = m,$$

w.którym litery *a*, *b*, *c* itd. oznaczają rzeczywiste zawartości procentowe danych składników *X*, *Y*, *Z* itd., zwięzających obszar γ w gotowej stali, *ap*, *bp*, *cp* itd. — procentową zawartość odpowiedniego składnika *X*, *Y*, *Z* stali, przy której według schematu przedstawionego na fig. 1 względnie według danych uwidoczniionych na fig. 2 mieszane kryształy γ w układzie podwójnym z żelazem przy zawartości *p*‰ węgla wykazują najwyższą wartość górnej temperatury przekształcania się (*Ac*₃), *m* — liczbę równą 0,8 — 1,0, najlepiej zaś = 0,85.

2. Stal według zastrz. 1, znamienna tym, że zawartość w niej chromu mieści się w granicach przedstawionych za pomocą zakreskowanych obszarów na fig. 4.

3. Stal według zastrz. 1—2, znamienna tym, że w celu wyrównania obniżenia górnej granicy przekształcania się *Ac*₃, spowodowanego zawartością takich składników, jak np. mangan, nikiel lub chrom,

leżącą poza granicami oznaczonymi przez zakreskowane obszary na fig. 1, zawiera składniki podwyższające górną temperaturę przekształcania się *Ac*₃ w takiej ilości procentowej, że wartość liczby *m* zbliża się do 1.

4. Sposób obróbki cieplnej stali stopowej według zastrz. 1—3, znamienny tym, że stal tę ogrzewa się do temperatury co najmniej o 50°C wyższej od górnej temperatury przekształcania się *Ac*₃ i następnie hartuje się ją — natychmiast lub po powolnym ochłodzeniu do temperatury wyższej o 20°C niż temperatura punktu *Ac*₃—w wodzie, oleju, powietrzu sprężonym itd., po czym odpuszcza się ją w znany sposób, najlepiej jednak w temperaturze wyższej o 50°C od temperatury zastosowania jej.

Kohle- und Eisenforschung

G. m. b. H.

Zastępca: inż. Cz. Raczyński
rzecznik patentowy

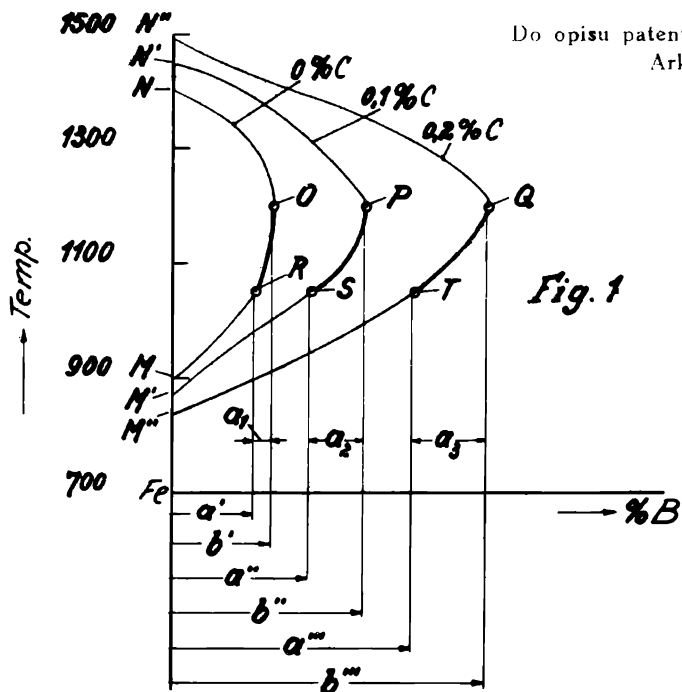


Fig. 2

