

OBECNY POZIOM CYWILIZACJI i techniki byłby nie do pomyślenia, gdyby wśród metali występujących w skorupie ziemskiej nie było żelaza z jego charakterystycznymi własnościami mechanicznymi, fizycznymi i chemicznymi pozwalającymi na zastosowanie go jako wszechstronnego tworzywa konstrukcyjnego i narzędziowego. Żelazo mogło odegrać swoją rolę nośnika postępu technicznego i postępu cywilizacji przez wiele dziesiątków wieków nie tylko dzięki swym własnościom, ale również dzięki pospolitości swego występowania i stosunkowo łatwemu otrzymywaniu z rud prymitywną techniką, którą opanowano już w zamierzchłych czasach.

Żelazo nie jest używane w praktyce w stanie czystym, gdyż w tym stanie jest ono zbyt miękkie, używa się go w postaci stopów z innymi pierwiastkami. Stopy te nazywamy stalami.

Przemysł hutnictwa stali jest przemysłem kluczowym. Dla jego potrzeb pracuje wiele przemysłów, zwłaszcza górnictwo węgla i rud żelaza, koksownie i fabryki materiałów ogniotrwałych i wiele innych przemysłów, natomiast na wyrobach przemysłu hutniczego opiera swoją egzystencję przemysł maszynowy, metalowy, budowlany, środków transportu lądowego, morskiego i powietrznego oraz wiele innych. Organizacja bazy surowcowej kluczowego przemysłu w skali bieżących potrzeb oraz w skali perspektywicznych potrzeb wynikających z planowego rozwoju, ma podstawowe znaczenie nie tylko dla ekonomiki tego

przemysłu, ale również dla całej gospodarki narodowej.

Na koniec planu 5-letniego polski przemysł hutnictwa stali — zgodnie z założeniami — powinien osiągnąć produkcję 7,2 mln t stali. W roku 1970 chcielibyśmy osiągnąć produkcję około 7 mln t surowki oraz około 10—11 mln t stali. Jeśli nawet tylko 30% żelaza we wsadzie wielkopiecowym pochodzić będzie z rud krajowych, to planowany wzrost produkcji surowki stawia przed geologami polskimi i przed kopalnictwem rud żelaza bardzo poważne zadania, podjęcia intensywnych prac poszukiwawczych, intensywnej rozbudowy kopalń rud żelaza i rozbudowy zakładów wzbogacania tych rud (podkreślenie Red.).

Produkcja stali jakościowych wiąże się ponadto z innymi problemami surowcowymi, jeszcze bardziej skomplikowanymi, stawiającymi przed geologami zadania z pozoru nie do rozwiązania w warunkach krajowych, tym bardziej że również w skali światowej są one znacznie trudniejsze do rozwiązania niż zagadnienie organizacji bazy rud żelaza.

Rozwój techniki w ostatnich 50 latach spowodował nie tylko znaczny wzrost produkcji stali, ale również ogromne gatunkowe zróżnicowanie wyrobionych stali. Żelazo, dzięki swej zdolności rozpuszczania wielu pierwiastków w stanie ciekłym i stałym, tworzy stopy o najrozmaitszych własnościach mechanicznych i fizycznych, czasami diametralnie sobie przeciwnych. Dla przykładu można przytoczyć, że stop żelaza z 25%

Ni i 18% Al wykazuje wybitne własności cechujące materiały magnetyczne twarde, tj. wysoką koercję, natomiast stop żelaza z 8% Ni i 18% Cr jest zupełnie niemagnetyczny. Dodatkami różnych pierwiastków do żelaza można regulować twardość, wytrzymałość, ciągliwość, przewodnictwo cieplne, rozszerzalność cieplną, własności magnetyczne i odporność na korozję stopów żelaza. Hutnik umiejętnością dawkiowania różnych pierwiastków stopowych jakby powiększył ilość metali w przyrodzie o różniących się własnościach, aby stworzyć tworzywa konstrukcyjne o ściśle określonych własnościach, potrzebnych mu do ściśle określonych celów.

Do początku XX wieku ilość produkowanych gatunków stali była nieznaczna i w konstrukcjach zwykłych zadawano się pospolitą stalą o wytrzymałości około 37 kg/mm², a na części maszyn używano powszechnie stali konstrukcyjnej o wytrzymałości 60—70 kg/mm². Na narzędzia używano stali niestopowych o zawartości węgla do 1,5%.

Po poznaniu korzystnego wpływu różnych dodatków stopowych na własności mechaniczne i fizyczne stali, po poznaniu wewnętrznej budowy metali i ich stopów oraz sposobów zmieniania własności stali odpowiednią obróbką cieplną, rozpoczął się gwałtowny wzrost produkcji stali stopowych. Podobnie jak w XIX wieku gwałtowny wzrost produkcji stali zwykłych spowodowany został potrzebami szybko rozwijających się przemysłów, tak w XX wieku szybki rozwój produkcji stali stopowych spowodowany został potrzebami postępu w energetyce, budowy coraz lepszych i szybszych środków transportu, wielkiej aparatury chemicznej i sprzętu elektrotechnicznego, teletechnicznego i radiotechnicznego.

Przemysł energetyczny dla lepszego wykorzystania ciepła jak również dla pokrycia wzrastającego zapotrzebowania na energię elektryczną — nie buduje kotłów i parowych turbin na ciśnienie 12—15 atm, lecz kotły wysokopięne na 160 atm, z których wychodząca para ma temperaturę około 550—600°. Tego rodzaju kotły i turbiny parowe wymagają do swej budowy specjalnych stali stopowych. W dziedzinie komunikacji dąży się do osiągnięcia jak najmniejszego ciężaru na zainstalowaną moc silnika napędowego i do zastąpienia silnika spalinowego turbiną gazową albo silnikiem odrzutowym pracującym w znacznie wyższych temperaturach, co wymaga tworzyw konstrukcyjnych, odpornych na temperatury powyżej 700°. Szybkość eksploatacyjna samochodów, pociągów i statków znacznie wzrosła, a w lotnictwie uzyskano szybkości przekraczające szybkość głosu. Te sukcesy techniczne lotnictwa były do osiągnięcia jedynie dzięki wynalezieniu stali konstrukcyjnych, pozwalających drogą obróbki cieplnej na ulepszenie ich na wytrzymałość powyżej 200 kg/mm² przy dostatecznie dużej ciągliwości, oraz stali stopowych wykazujących dostatecznie wysoką granicę pełzania powyżej 700°. Nowoczesny przemysł chemiczny nie byłby do pomyslenia, gdyby nadal musiał pracować w aparaturze szklanej lub ceramicznej. Procesy syntetyczne są prowadzone w wysokich temperaturach i niejednokrotnie pod ciśnieniem kilku tysięcy atmosfer, co jest możliwe tylko dzięki użyciu do budowy autoklaw odpowiedniej stali stopowej żaroodpornej i kwasoodpornej o znacznej zawartości chromu i niklu.

Nowoczesna elektrotechnika, teletechnika i radiotechnika oprócz wielu metali i stopów nieżelaznych używa wiele stali stopowych o określonych własnościach magnetycznych, jak: stali transformatorowych i prądnicowych, stali magesowych, drutów oporowych itp. Postęp techniczny w zakresie intensyfikacji produkcji mechanicznej wymaga znacznego zwiększenia szybkości skrawania, a więc stali narzędziowych o wysokiej sprawności. Stale niestopowe o zawartości węgla do 1,5%, używane do początku XX wieku do wytwarzania narzędzi tnących, nie nadają się do obecnie stosowanych szybkości skrawania i zamiast nich stosuje się stale szybko tnące, zawierające do 18% wolframu i znaczne ilości dalszych dodatków stopowych, jak: chrom, molibden, wanad i kobalt.

Z pewnym przybliżeniem można przyjąć, że z produkowanej przez przemysł hutniczy stali około 94% przypada na stale niestopowe, a około 6% na stale stopowe. Mimo że procentowy udział stali stopowych nie jest wysoki i przeciętna zawartość dodatków stopowych w całej grupie stali stopowych nie przekracza 5% — ze względu na mniejszą pospoliczość występowania w przyrodzie — zorganizowanie potrzebnej bazy surowcowej dodatków stopowych jest znacznie trudniejsze niż zorganizowanie bazy rud żelaza.

Jako najczęściej stosowane pierwiastki, dodawane w czasie wytapiania stali do jej oczyszczenia ze szkodliwych domieszek i zanieczyszczeń lub jako dodatki stopowe, zastosowanie znajdują: Si, Mn, Cr, Al, Ni, W, Mo, Ti, V, Co, Nb, B. Jak podają różni geolodzy, zawartość tych pierwiastków w skorupie ziemskiej jest dosyć znaczna (tabela: I).

Tabela I

Si — 25,7%	Al — 7,5%	Mo — 0,01%
Mn — 0,08%	Ni — 0,02%	Ti — 0,58%
Cr — 0,03%	W — 0,05%	Co — 0,03%

Przyroda rozłożyła złoża rud pierwiastków stopowych stali jeszcze kapryśniej niż złoża rud żelaza, dając niektórym rejonom globu ziemskiego prawie monopolistyczne pozycje, jak np. w zakresie rud niklowych — Kanadzie, rud wolframowych — Chinom i Indonezji, rud molibdenowych — Stanom Zjednoczonym, rud kobaltowych — Kongu Belgijskiemu i Kanadzie — itd.

Ponieważ produkcja szeregu stali stopowych wiąże się ściśle z obronnością kraju, wiele pierwiastków stopowych stali o mniejszej pospoliczości występowania zostało zaliczone do tzw. pierwiastków strategicznych i ich cena na giełdzie międzynarodowej ulega silnym wahanom w zależności od międzynarodowej sytuacji politycznej. Najbardziej typowymi pierwiastkami stopowymi typu strategicznego są: nikiel, kobalt, wolfram, molibden.

Produkcja stali stopowych a tym samym zapotrzebowanie na pierwiastki stopowe w Polsce jest skromne w skali światowej, ale niemniej i w tym zakresie zaspokojenie potrzeb nie jest proste i urasta do poważnego problemu, zwłaszcza gdy chodzi o nikiel i kobalt. Występowanie rud różnych pierwiastków dodawanych jako pierwiastki stopowe do stali wiąże się z występowaniem określonych formacji geologicznych, trudno więc stawiać geologom polskim obowiązek wyszukiwania własnych złóż rud potrzebnych do produkcji stali stopowych, jeśli te złoża nie mają warunków występowania na terenie naszego kraju. Nie wydaje się jednak właściwa przedwczesna rezygnacja z wszelkich możliwości w tym zakresie.

Dla zbadania możliwości częściowego czy całkowitego uniezależnienia się od importu rud pierwiastków stopowych należy ustalić rząd potrzebnych dodatków stopowych, co nie jest rzeczą łatwą, gdyż hutnicy i metaloznawcy nauczyli się zamiast trudniej dostępnych dodatków stopowych stosować dodatki stopowe łatwiej dostępne i odpowiednią obróbką cieplną uzyskiwać wymagane własności mechaniczne. Przy produkcji stali konstrukcyjnych wszystkie państwa coraz bardziej starają się ograniczyć zastosowanie niklu, stosując kombinacje stopowe z chromem, manganem i krzemem a ostatnio z borem. W stalach narzędziowych szybko tnących niektóre państwa starają się zastąpić trudno dla siebie dostępny wolfram łatwiej dostępnym molibdenem lub wanadem. Jednak prawie dla każdego pierwiastka stopowego istnieje pewna ilość gatunków stali do ściśle określonego zastosowania, w którym nie można wolframu zastąpić innym pierwiastkiem stopowym bez wyraźnego uszczerbku dla jakości tego gatunku stali.

Jeśli dla planowania perspektywnego przyjąć jako orientacyjne rzeczywiste wskaźniki zużycia poszczególnych pierwiastków stopowych w roku 1955, to zapotrzebowanie poszczególnych pierwiastków stopowych w latach 1960 i 1970 podaje tabela II.

Tabela II

Pierwiastek stopowy	Wskaźnik zużycia w t/mil. ton stali surowej	Prawdopodobne zużycie w t w latach	
		1960	1970
Si	2 200	15 400	24 200
Mn	335	2 350	3 700
Cr	690	4 810	6 900
Ni	310	2 115	3 400
W	132	940	1 460
Mo	31	218	340
V	19	85	210
Ti	10	45	110
Al	20	140	220

Rzeczywiste zużycie pierwiastków stopowych w latach 1960 i 1970 może dosyć znacznie odbiegać od podanych liczb, jeśli asortyment produkowanych stali ulegnie poważniejszym zmianom. Liczby podane w tabeli II nie obejmują ponadto zużycia manganu dodawanego w postaci żelazo-manganu wielkopieczowego i w postaci surowki zwierciadlistej, nie obejmują również zużycia chromu do wyrobu cegieł magnezytowo-chromitowych i zużycia glinu jako odleniacza.

Geolog, który otrzymał zadanie zbadania możliwości stworzenia własnej krajowej bazy rudnej dla przemysłu żelazostopów, musi znać oprócz potrzebnych ilości pierwiastków stopowych również warunki techniczne, jakim te rudy muszą odpowiadać, aby można je przerobić na żelazostopy. Ogólnie można stwierdzić, że minerały zawierające pierwiastki stopowe używane do produkcji stali stopowych poza Si i Mn mogą być ubogie w te pierwiastki, bo rudy te są wzbogacane i o użyteczności tych rud nie decyduje sama zawartość pierwiastka, a raczej łatwość wzbogacania.

Wśród podanych w tabeli I dodatków stopowych najpoważniejszą pozycję tonażową zajmuje krzem, który jest dodawany w postaci żelazokremu. Żelazo-krzem wytapiany jest z czystej krzemionki lub z kwarcytów, w których zawartość SiO_2 powinna przekraczać 95%. Nie pożądane w kwarcytach lub krzemionce są Al_2O_3 , CaO, P i S, natomiast nieszkodliwe są domieszki Fe i Mn.

Masowo używanym dodatkiem stopowym jest mangan, dodawany w stosunkowo niewielkich ilościach. Przeważnie dodaje się go do stali pospolitej jakości w ilości do 0,6% dla odlenienia, odsiarczenia i nadania stali dobrych cech plastycznych. Mangan dodawany w ilościach do 0,6% nie zalicza się jako dodatek stopowy i stali z zawartością do 0,6% Mn nie zalicza się do grupy stali stopowych. Żelazomangan o wysokiej zawartości Mn wytapia się z czystych rud manganowych, jak: piroluzyt, manganit czy hausmanit, natomiast surowkę zwierciadlistą o niższej zawartości manganu wytapia się w wielkich piecach z rud mieszanym żelazowo-manganowym. Dobre rudy manganowe albo ich koncentraty powinny zawierać co najmniej 46% Mn przy zawartości krzemionki poniżej 8% i fosforu poniżej 1,5%.

Dalszym masowo używanym dodatkiem stopowym jest chrom, dodawany w czasie wytapiania stali, w postaci żelazochromu. Chrom podnosi twardość osnowy stali, a poza tym tworząc z węglem twarde węgliki — podnosi jej nieścieralność. Dodany w ilościach powyżej 13% do stali, chrom wywołuje pasywację metalicznej powierzchni stopu, co powoduje nierdzewność stopu w warunkach normalnej korozji atmosferycznej. Chrom znajduje szerokie zastosowanie zwłaszcza do wyrobu stali konstrukcyjnych i narzędziowych oraz stali nierdzewnych i kwasoodpornych.

Jedyną rudą praktycznie używaną do wyrobu żelazochromu jest chromit. Zapotrzebowanie żelazochromu jest duże i wydobycie rud chromowych w ostatnich dwudziestu latach silnie wzrosło. Chromit występuje głównie w złożach serpentynitowych. Żelazo-

chrom wytapiany jest z chromitu, przy czym do przerobu nadają się rudy zawierające 40—50% Cr_2O_3 .

Wśród dodatków stopowych używanych do uszlachetniania stali szczególną pozycję zajmuje nikiel, bo jego zużycie silnie wzrasta w związku z coraz szerszym zastosowaniem stali kwasoodpornych oraz stali i stopów żaroodpornych, w których zawartość niklu waha się w granicach 8—80%. Ponieważ złoża rud niklu występują w niefelicznych rejonach globu ziemskiego i coraz trudniej nabyć nikiel, wszystkie państwa starają się ograniczyć zużycie niklu jako dodatku do stali konstrukcyjnych. Nikiel występuje w przyrodzie w postaci siarczków, arsenków i krzemianów. Eksploatowane są rudy nawet o bardzo niewielkiej zawartości niklu. Jesteśmy w szczęśliwym położeniu, że zapotrzebowanie krajowe niklu możemy częściowo pokrywać z własnego kopalnictwa rud niklowych. Występują one u nas na Dolnym Śląsku w postaci krzemianów żelazowo-niklowych, zawierających około 0,5—1,0% Ni i około 12% Fe. Przed geologami polskimi stoi wdzięczne zadanie zbadania, czy krajowa baza zaopatrzenia w nikiel nie dałaby się rozszerzyć.

Wolfram stanowi podstawowy dodatek stopowy do stali narzędziowych wysokosprawnych, a zwłaszcza do stali szybkotnących, w których zawartość wolframu dochodzi do 18%. Wolfram dodawany w czasie wytapiania stali w postaci żelazowolframu, który wytapiany jest przeważnie z wolframitu, wolframianu żelazowo-manganowego albo z szelitu, wolframianu wapnia. Rudy wolframowe do przeróbki na żelazowolfram powinny być wzbogacane do zawartości ok. 70% WO_3 . Najpoważniejsze złoża wolframowych rud występują w Chinach i w Indonezji. Mimo że złoża rud wolframowych są znacznie pospolitsze niż złoża rud niklowych, wszystkie państwa starają się jak najekonomiczniej wykorzystać dostępne sobie rudy wolframu i jedną z form tego oszczędzania jest stosowanie narzędzi z węglików spiekanych, do których wyrobu używa się węglika wolframu. Wolfram użyty w tej formie do wyrobu narzędzi jest blisko dziesięciokrotnie wydajniejszy niż użyty do wyrobu narzędzi ze stali szybkotnącej.

Silny wpływ na własności stali wywiera molibden. Dodany w ilościach 0,2—0,6% nadaje stalom konstrukcyjnym wysoką ciągliwość, a dodany w ilości 2—3% do stali kwasoodpornych znacznie podnosi ich odporność na działanie kwasów redukujących. Molibden należy do grupy pierwiastków rzadkich, gdyż złoża jego rud nadających się do eksploatacji są nieliczne, a zawartość molibdenu w tych rudach jest niewielka. Rudy molibdenowe o zawartości powyżej 0,5% Mo nadają się już do eksploatacji przemysłowej. Do wyrobu żelazo-molibdenu używa się molibdenitu, siarczku molibdenu i wulfenitu, molibdenianu ołowiu.

Wanad jest jednym z ważnych dodatków stopowych używanych do produkcji stali stopowych zarówno konstrukcyjnych, jak i narzędziowych. Powoduje on drobnoziarnistą strukturę, a przez to dużą ciągliwość i z tego powodu znalazł szerokie zastosowanie w stalach konstrukcyjnych, a poza tym ogranicza rozrost ziarna w wyższych temperaturach i tworzy twarde węgliki, przez co szeroko stosowany jest również w stalach narzędziowych, często jako namiastka wolframu. Wanad dodawany jest w czasie wytapiania stali w postaci żelazo-wanadu. Żelazo-wanad praktycznie nie jest wytapiany z rud wanadowych, bo rud wanadowych z większą zawartością wanadu jest niewiele na świecie, lecz z tlenku wanadu, uzyskiwanego wskutek mokrych procesów chemicznych z różnych rud innych pierwiastków, w których wanad występuje jako domieszka. Boksyty, rudy tytanowe, niektóre rudy miedzi, żuźle i popioły niektórych węgli i ropy naftowej zawierają niezauważalne ilości wanadu. Z tych rud przed ich przetopieniem lub z różnych żużli wanadodajnych uzyskuje się wanad skomplikowanymi procesami chemiczno-metalurgicznymi.

Stosunkowo najmłodszym dodatkiem stopowym dodawanym w celu uszlachetnienia stali jest tytan. Do-

dawany jest on głównie do stali kwasoodpornych dla zapobieżenia korozji międzykrystalicznej, a ostatnio coraz szersze zastosowanie znajduje jako dodatek stopowy do stali konstrukcyjnych, zwłaszcza w kombinacji z manganem lub z chromem albo z obu tymi pierwiastkami razem. Tytan dodawany jest do wsadu stali stopowych w postaci żelazo-tytanu, który się wytapia z rutyłu, ilmenitu lub tytano-magnetytów. Ostatnio tytan jest również szeroko stosowany w postaci metalicznie czystej lub w postaci swych stopów jako nowoczesne tworzywo konstrukcyjne do celów specjalnych. Stopy tytanowe zachowują swe własności mechaniczne do temperatury 880° i z tych względów znajdują coraz szersze zastosowanie w budowie nowoczesnych silników odrzutowych oraz turbin gazowych. Stopy tytanowe wykazują również wysoką odporność na działanie silnie agresywnych kwasów nieorganicznych, jak kwasu siarkowego i kwasu azotowego. Stopy te znajdują również szerokie zastosowanie do budowy chemicznej aparatury przemysłowej. O wroście znaczenia i możliwości zastosowania stopów tytanowych najlepiej świadczą liczby produkcyjne. Metaliczny tytan uzyskano w skali przemysłowej dopiero w roku 1948, kiedy wyprodukowano w skali światowej około 2,2 t, ale już na rok 1958 spodziewana jest produkcja światowa w ilości około 100 000 t.

Zużycie glinu jako pierwiastka stopowego, jak wynika z tabeli II, jest stosunkowo nieznaczne, natomiast znaczne jest zużycie tego pierwiastka jako od-

tleniacza. Zużycie glinu jako odtlenującego wynosi około 0,5 kg na 1 t wyprodukowanej stali surowej.

Często spotyka się tezę, że glin w przyszłości stanie się poważnym konkurentem stali. Nie ulega wątpliwości, że glin i jego stopy są bardzo dobrym tworzywem konstrukcyjnym ze względu na korzystny stosunek ciężaru właściwego do wytrzymałości i pod tym względem stal konstrukcyjna o wytrzymałości powyżej 160 kg/mm² ma dopiero korzystniejszy stosunek.

Ze względu na swe korzystne własności mechaniczne glin znalazł szerokie zastosowanie w lotnictwie i szeregu innych przemysłach, ale ze względu na niską twardość i niski punkt topliwości oraz brak szeregu własności fizycznych trudno mówić o glinie jako konkurencie stali, natomiast stanowi on oenne uzupełnienie asortymentu tworzyw konstrukcyjnych nowoczesnej techniki. Zabezpieczenie więc własnej bazy surowcowej dla hutnictwa glinu jest jednym z podstawowych problemów państwowej gospodarki surowcowej.

Mimo dużego rozwoju produkcji glinu i jego stopów i pojawienia się stopów tytanowych, stal pozostanie podstawowym tworzywem konstrukcyjnym i narzędziowym, a geologowie powinni wyteżyc wszystkie swe siły, aby zabezpieczyć hutnictwu krajowemu jak najlepszą bazę surowcową rud żelaza oraz rud pierwiastków dodawanych jako pierwiastki stopowe do stali.