Stale 03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA i 08XP według **PN-89/H-84023/02 (PN-H-84023-02:1989)** to niskowęglowe stale magnetycznie miękkie (Armko, Armco) przeznaczone na elementy obwodów magnetycznych oraz inne wyroby wymagające bardzo małej zawartości węgla i odpowiednich właściwości magnetycznych.

Materiały dostępne w Alfa-Tech – 04J / 04JA / 06J / 08J / Armco

Pręty 04J / 04JA / 06J / 08J / Armco – gorącowalcowane, łuszczone i ciągnione
Płaskowniki 04J / 04JA / 06J / 08J / Armco
Pręty kute 04J / 04JA / 06J / 08J / Armco
Odkuwki 04J / 04JA / 06J / 08J / Armco – swobodne, kostki pierścienie
Blachy 04J / 04JA / 06J / 08J / Armco – gorącowalcowane, zimnowalcowane

Telefon: +48 63 2610519
kontakt@alfa-tech.com.pl

Skład chemiczny stali magnetycznie miękkiej wg PN-89/H-84023/02 03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP

Znak gatunku	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	Cu (%)	Al całk. (%)	N (%)	O (%)	As (%)	Sn (%)
03J	max 0,03	max 0,15	0,03	0,015	0,020	0,05	0,08	0,08	0,02–0,07	0,012	0,030	0,03	0,01
03JA	max 0,03	max 0,10	0,03	0,010	0,015	0,05	0,08	0,08	0,02–0,07	0,012	0,030	0,03	0,01
04J	max 0,035	max 0,25	0,02	0,025	0,030	0,10	0,10	0,10	0,02–0,07	0,012	0,030	–	–
04JA	max 0,035	max 0,20	0,02	0,020	0,025	0,10	0,10	0,10	0,02–0,07	0,012	0,030	–	–
06JA	max 0,06	max 0,30	0,02	0,020	0,025	0,10	0,10	0,10	min 0,025	–	–	–	–
07J	max 0,08	max 0,35	0,05	0,040	0,040	0,05	0,10	0,15	0,02–0,07	–	–	–	–
08J	max 0,08	0,20–0,45	0,03	0,025	0,030	0,10	0,10	0,10	0,02–0,07	0,010	0,030	–	–

Znak gatunku	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	Cu (%)	Al całk. (%)	N (%)	O (%)	As (%)	Sn (%)
08JA	max 0,08	max 0,20	0,05	0,020	0,025	0,10	0,10	0,10	0,02–0,07	0,010	0,030	–	–
08XP	max 0,08	0,20–0,50	0,04	0,070–0,130	0,025	0,10	0,10	0,10	–	–	–	–	–

Czyste żelazo i stale magnetycznie miękkie

03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA i 08XP to niskowęglowe stale magnetycznie miękkie określone w PN-89/H-84023/02. Materiały tej grupy przeznaczone są przede wszystkim do zastosowań, w których istotna jest zdolność do łatwego magnesowania i rozmagnesowania. O ich właściwościach decyduje nie tylko bardzo mała zawartość węgla, lecz również czystość metalurgiczna, zawartość pozostałych pierwiastków, mikrostruktura, wielkość ziarna, stan naprężeń oraz zastosowana obróbka cieplna.

Materiały te są blisko związane z pojęciem **technicznie czystego żelaza**. Nie oznacza ono jednak żelaza chemicznie czystego. W praktyce przemysłowej jest to materiał o bardzo dużej zawartości Fe, zawierający niewielkie ilości węgla, manganu, krzemu, fosforu, siarki i innych pierwiastków pochodzących z procesu metalurgicznego.

Charakterystyka gatunków 03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA i 08XP

Gatunki objęte PN-89/H-84023/02 należą do niskowęglowych stali magnetycznie miękkich, jednak nie są materiałami identycznymi. Różnią się przede wszystkim dopuszczalną zawartością węgla i innych pierwiastków, stopniem czystości oraz przeznaczeniem. Właściwości gotowego wyrobu zależą ponadto od jego postaci, sposobu przeróbki i zastosowanej obróbki cieplnej.

03J – niskowęglowa stal magnetycznie miękka

03J jest jednym z gatunków o najmniejszej dopuszczalnej zawartości węgla w tej grupie – maksymalnie około 0,03%. Mała zawartość węgla sprzyja uzyskaniu struktury o dużym udziale ferrytu i korzystnych właściwości magnetycznie miękkich. W normie gatunek ten zaliczono do materiałów przeznaczonych między innymi na

pręty, druty ciągnione i taśmy walcowane na zimno oraz jako materiał wsadowy do produkcji stali przetapianych w próżni.

Ze względu na bardzo małą zawartość węgla 03J należy rozpatrywać w grupie materiałów zbliżonych charakterem do technicznie czystego żelaza. Nie oznacza to jednak, że każdy wyrób 03J można automatycznie utożsamiać z handlowym żelazem Armco.

03JA – stal o zwiększonej czystości

03JA jest odmianą należącą do tej samej grupy bardzo niskowęglowych materiałów. Litera **A** w oznaczeniu wskazuje na podwyższoną czystość stali w odniesieniu do fosforu i siarki, natomiast **J** oznacza stal z dodatkiem aluminium. Ograniczenie zawartości zanieczyszczeń jest szczególnie istotne w materiałach przeznaczonych do zastosowań magnetycznych.

Podobnie jak 03J, gatunek 03JA przewidziano między innymi na pręty, druty ciągnione i taśmy walcowane na zimno oraz jako materiał wsadowy do otrzymywania stali o bardzo wysokiej czystości.

04J – stal zbliżona do technicznie czystego żelaza Armco

04J jest niskowęglową stalą magnetycznie miękką o maksymalnej zawartości węgla około 0,04%. W polskiej literaturze technicznej 04J jest wymieniana jako jeden z krajowych gatunków o składzie chemicznym zbliżonym do **żelaza Armco**. Dzięki bardzo małej zawartości węgla materiał może wykazywać dużą plastyczność oraz korzystne właściwości magnetycznie miękkie.

Norma przewiduje wykorzystanie 04J między innymi w postaci prętów, drutów, taśm, bednarki i blach przeznaczonych do wykonywania magnetycznie czynnych części urządzeń elektrycznych, elektrotechnicznych i elektronicznych.

04JA – odmiana 04J o podwyższonej czystości

04JA jest gatunkiem blisko związanym z 04J, lecz charakteryzującym się zwiększonymi wymaganiami dotyczącymi czystości chemicznej. W literaturze, podobnie jak 04J, jest wskazywany jako polski materiał o składzie zbliżonym do żelaza Armco.

Poza zastosowaniami magnetycznymi literatura techniczna wskazuje dla 04JA również zastosowania wynikające z małej zawartości węgla i dużej czystości materiału, między innymi na kadzie do roztopionego cynku stosowane podczas cynkowania ogniowego oraz na tygle i elektrody pracujące w roztopionych solach hartowniczych.

06JA – stal magnetycznie miękka o podwyższonej czystości

06JA jest gatunkiem o maksymalnej zawartości węgla około 0,06%, z dodatkiem aluminium i zwiększonymi wymaganiami dotyczącymi czystości. Gatunek 06JA został wprowadzony do PN-89/H-84023/02 w stosunku do wcześniejszego wydania normy.

06JA przeznaczona jest do wykonywania elementów, dla których wymagane są właściwości charakterystyczne dla niskowęglowych stali magnetycznie miękkich. Norma przewiduje ją w grupie materiałów stosowanych w postaci prętów, drutów, taśm, bednarki i blach na magnetycznie czynne części urządzeń elektrycznych, elektrotechnicznych i elektronicznych.

07J – stal magnetycznie miękka do zastosowań motoryzacyjnych

07J jest niskowęglową stalą magnetycznie miękką, dla której PN-89/H-84023/02 przewiduje między innymi zastosowanie w przemyśle motoryzacyjnym. Norma wskazuje wykorzystanie tego gatunku w postaci półwyrobów oraz taśm walcowanych na zimno.

W stosunku do wcześniejszych wymagań normatywnych w PN-89/H-84023/02 zaostrzono dla 07J wymaganie dotyczące zawartości miedzi, ograniczając jej maksymalną zawartość do 0,15%. Jest to jeden z przykładów zmian wprowadzonych przy opracowaniu nowego wydania normy.

08J – niskowęglowa stal na magnetycznie czynne części urządzeń

08J zawiera maksymalnie około 0,08% węgla i należy do grupy niskowęglowych stali magnetycznie miękkich przeznaczonych do produkcji magnetycznie czynnych elementów urządzeń elektrycznych, elektrotechnicznych i elektronicznych.

W porównaniu z gatunkami 03J i 04J dopuszczalna zawartość węgla jest większa,

dlatego poszczególnych gatunków tej rodziny nie należy traktować jako prostych zamienników. Dobór powinien uwzględniać wymagania dotyczące zarówno składu chemicznego, jak i właściwości magnetycznych gotowego wyrobu.

08JA – odmiana o zwiększonej czystości

08JA łączy maksymalną zawartość węgla charakterystyczną dla grupy 08 z dodatkiem aluminium oraz wymaganiami dotyczącymi zwiększonej czystości. Ograniczenie zawartości pierwiastków niepożądanych ma znaczenie dla stabilności struktury oraz właściwości materiału po odpowiedniej obróbce.

Gatunek należy do rodziny materiałów przeznaczonych do zastosowań, w których wymagana jest bardzo mała zawartość węgla i wysoka czystość metalurgiczna. Jego właściwości użytkowe należy jednak zawsze rozpatrywać w odniesieniu do konkretnej postaci i stanu wyrobu.

08XP – stal o podwyższonej zawartości fosforu

08XP wyróżnia się na tle pozostałych gatunków tej grupy. Litera **P** oznacza podwyższoną zawartość fosforu, natomiast **X** określa sposób odtlenienia stali zgodnie z systemem oznaczeń zastosowanym w PN-89/H-84023/02. Gatunek 08XP został wprowadzony w tym wydaniu normy jako nowy gatunek.

Według PN-89/H-84023/02 stal 08XP jest przeznaczona między innymi na **walcowane na zimno izotropowe taśmy elektrotechniczne** stosowane do wykonywania magnetycznie czynnych części urządzeń elektrycznych. Z tego względu 08XP należy rozpatrywać nieco inaczej niż gatunki zbliżone charakterem do technicznie czystego żelaza.

Porównanie gatunków stali magnetycznie miękkich

Gatunek	C max.	Charakterystyka	Typowe przeznaczenie wg PN-89/H-84023/02
03J	0,03%	bardzo mała zawartość C	pręty, druty, taśmy, wsad do stali przetapianych w próżni

Gatunek	C max.	Charakterystyka	Typowe przeznaczenie wg PN-89/H-84023/02
03JA	0,03%	podwyższona czystość, dodatek Al	pręty, druty, taśmy, wsad do stali wysokiej czystości
04J	0,04%	skład zbliżony do żelaza Armco	magnetycznie czynne części urządzeń
04JA	0,04%	odmiana o zwiększonej czystości	elementy magnetyczne oraz zastosowania specjalne
06JA	0,06%	podwyższona czystość, dodatek Al	magnetycznie czynne części urządzeń
07J	wg wymagań normy	gatunek o specjalnie określonych wymaganiach składu	m.in. taśmy dla przemysłu motoryzacyjnego
08J	0,08%	niskowęglowa stal magnetycznie miękka	magnetycznie czynne części urządzeń
08JA	0,08%	odmiana o zwiększonej czystości	zastosowania wymagające wysokiej czystości materiału
08XP	0,08%	podwyższona zawartość P	izotropowe taśmy elektrotechniczne walcowane na zimno

Żelazo chemicznie czyste, technicznie czyste i żelazo Armco

W literaturze materiałoznawczej wyróżnia się kilka rodzajów żelaza o wysokiej czystości. Różnią się one przede wszystkim metodą otrzymywania oraz zawartością domieszek i zanieczyszczeń. Do tej grupy zalicza się między innymi żelazo chemicznie czyste, elektrolityczne, karbonylkowe oraz **żelazo Armco (Armco Iron)**.

Żelazo Armco jest technicznie czystym żelazem otrzymywanym metodami metalurgicznymi. Literatura podaje dla niego łączną zawartość domieszek i zanieczyszczeń rzędu około **0,1%**. Nie należy więc utożsamiać Armko z żelazem chemicznie czystym, dla którego zawartość pierwiastków obcych może być

wielokrotnie mniejsza.

Rodzaj żelaza	Metoda otrzymywania	Orientacyjna zawartość domieszek
Żelazo chemicznie czyste	m.in. redukcja czystych tlenków i dalsze oczyszczanie	ok. 0,007% lub mniej
Żelazo elektrolityczne	elektroliza	ok. 0,02%
Żelazo karbonylkowe	rozkład związków karbonylkowych żelaza	ok. 0,015–0,03%
Żelazo Armco / Armko	proces metalurgiczny	**ok. 0,1%**

Podane wartości mają charakter orientacyjny i pochodzą z danych literaturowych dotyczących różnych sposobów otrzymywania żelaza. Nie są wspólnymi wartościami granicznymi wynikającymi z jednej normy materiałowej.

Żelazo Armco a stale 04J i 04JA

W polskiej literaturze technicznej gatunki **04J i 04JA** wskazywane są jako stale o składzie chemicznym zbliżonym do żelaza Armco. Jest to istotne historyczne i materiałowe powiązanie, nie oznacza jednak automatycznej równoważności wszystkich właściwości ani zamienności materiałów w każdym zastosowaniu.

Dla żelaza Armko spotykane są składy zawierające około **0,01% C, 0,03% Mn, 0,02% Si, 0,001% P i 0,015% S**. Inne źródła podają nieco odmienne wartości, co wynika między innymi z różnych technologii produkcji i stopnia czystości badanego materiału. Charakterystyczną cechą pozostaje bardzo mała zawartość węgla oraz niewielka łączna ilość innych pierwiastków.

Mała zawartość węgla i wysoka czystość metalurgiczna sprzyjają uzyskiwaniu właściwości magnetycznie miękkich. Zanieczyszczenia, wydzielenia, defekty struktury i naprężenia mogą utrudniać przemieszczanie ścian domen magnetycznych, zwiększać koercję i pogarszać zdolność materiału do łatwego przemagnesowania.

Właściwości mechaniczne technicznie czystego żelaza

Technicznie czyste żelazo jest materiałem stosunkowo miękkim i bardzo plastycznym. Literatura podaje jako typowe wartości około **245 MPa wytrzymałości na rozciąganie Rm**, około **118 MPa umownej granicy plastyczności Rp0,2**, około **50% wydłużenia A10**, około **85% przewężenia Z** oraz twardość około **80 HB**.

Właściwość	Technicznie czyste żelazo – wartość typowa
Wytrzymałość na rozciąganie Rm	ok. 245 MPa
Umowna granica plastyczności Rp0,2	ok. 118 MPa
Wydłużenie A10	ok. 50%
Przewężenie Z	ok. 85%
Twardość	ok. 80 HB

Wartości te mogą zmieniać się w szerokich granicach w zależności od czystości materiału, wielkości ziarna, stopnia odkształcenia oraz obróbki cieplnej. Literatura wskazuje między innymi, że zwiększenie wielkości ziarna może powodować zmniejszenie twardości żelaza.

Właściwości mechaniczne żelaza Armco /Armko

Dane literaturowe dla żelaza Armko wykazują pewne różnice zależne od badanego materiału i jego stanu. W jednym ze źródeł podano **Rm około 340 MPa, Re około 180 MPa, A5 około 40%, Z około 65%** oraz udarność około **160 J/cm²**. Inne dane wskazują na Rm około **262–310 MPa**, Re około **138–172 MPa**, A około **40%**, Z około **50%** i twardość około **85 HB**.

Właściwość	Żelazo Armco – zakres danych literaturowych
Rm	ok. 262–340 MPa

Właściwość	Żelazo Armco – zakres danych literaturowych
Re	ok. 138–180 MPa
Wydłużenie A / A5	ok. 40%
Przewężenie Z	ok. 50–65%
Twardość	ok. 85 HB – dla opisanego w literaturze stanu materiału

Wartości te należy traktować jako dane literaturowe dla żelaza Armco, a nie jako wymagania normatywne dla gatunków 03J, 03JA, 04J, 04JA lub pozostałych stali wg PN-89/H-84023/02.

Właściwości magnetyczne i wpływ obróbki cieplnej

W przypadku technicznie czystego żelaza oraz niskowęglowych stali magnetycznie miękkich szczególnie istotne są nie właściwości wytrzymałościowe, lecz **małe natężenie pola koercji, duża przenikalność magnetyczna i zdolność materiału do łatwego przemagnesowania**. Parametry te są bardzo silnie uzależnione od struktury materiału.

Przeróbka plastyczna na zimno powoduje umocnienie i powstawanie naprężeń wewnętrznych, które mogą pogarszać właściwości magnetycznie miękkie. Odpowiednio dobrane wyżarzanie pozwala ograniczyć naprężenia, zmienić strukturę i istotnie poprawić właściwości magnetyczne.

Dobrym przykładem jest opisane w literaturze żelazo Armko poddane wyżarzaniu w atmosferze wodoru w temperaturze 1475°C. Dla materiału przed specjalną obróbką podano maksymalną przenikalność magnetyczną około **7000 Gs/Oe**. Po 3 godzinach wyżarzania wartość wzrosła do około **30 000 Gs/Oe**, natomiast po 18 godzinach osiągnęła około **237 000 Gs/Oe**. Tak wysokie wartości uzyskano w szczególnych warunkach obróbki cieplnej i nie należy ich traktować jako typowych parametrów każdego wyrobu z żelaza Armko.

Temperatura Curie żelaza

W temperaturze pokojowej żelazo α ma strukturę regularną przestrzennie centrowaną (BCC) i jest **ferromagnetyczne**. Po przekroczeniu temperatury Curie, wynoszącej około **770°C**, traci ferromagnetyzm i przechodzi w stan

paramagnetyczny.

Przemiany magnetycznej w temperaturze Curie nie należy utożsamiać z przemianą alotropową żelaza. Sieć krystaliczna pozostaje w tym zakresie siecią żelaza α. Dopiero w wyższej temperaturze, około **912°C**, następuje przemiana żelaza α o sieci BCC w żelazo γ o sieci FCC.

Zastosowanie żelaza Armco oraz stali magnetycznie miękkich

Technicznie czyste żelazo i stale o bardzo małej zawartości węgla znajdują zastosowanie przede wszystkim tam, gdzie wymagane są korzystne właściwości magnetycznie miękkie. Literatura wymienia między innymi **rdzenie elektromagnesów, nabiegunniki maszyn elektrycznych oraz elementy obwodów magnetycznych przekaźników**.

Materiały tej grupy mogą mieć również zastosowania niezwiązane bezpośrednio z magnetyzmem. Literatura wskazuje wykorzystanie stali o składzie zbliżonym do żelaza Armco jako wsadu do produkcji stali wysokostopowych o bardzo małej zawartości węgla. Dla gatunku **04JA** podawane jest również zastosowanie na kadzie do roztopionego cynku przy cynkowaniu ogniowym oraz na tygle i elektrody przeznaczone do pracy z roztopionymi solami hartowniczymi.

Armco, 04J i 04JA – czy są odpowiednikami?

Żelazo Armco / Armko oraz gatunki 04J i 04JA należą do blisko spokrewnionej grupy bardzo niskowęglowych materiałów żelaznych. Polska literatura techniczna wskazuje 04J i 04JA jako gatunki o składzie chemicznym zbliżonym do żelaza Armco.