



03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP – stale magnetycznie miękkie, czyste żelazo Armko / Armco

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 – gorącownicowane, 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 – gorącownicowane, zimnowalcowane](#)

Telefon: [+48 63 2610519](tel:+48632610519)
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	-	-



03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP – stale magnetycznie miękkie, czyste żelazo Armko / Armco

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



03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP – stale magnetycznie miękkie, czyste żelazo Armco / Armco

[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.



03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP – stale magnetycznie miękkie, czyste żelazo Armko / 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 zaostbrzono 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,



03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP – stale magnetycznie miękkie, czyste żelazo Armko / Armco

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	prety , druty, taśmy , wsad do stali przetapianych w próżni



03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP – stale magnetycznie miękkie, czyste żelazo Armco / Armco

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 Armco z żelazem chemicznie czystym, dla którego zawartość pierwiastków obcych może być



03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP – stale magnetycznie miękkie, czyste żelazo Armco / Armco

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 / Armco	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 Armco 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, wydzielienia, defekty struktury i naprężenia mogą utrudniać przemieszczanie ścian domen magnetycznych, zwiększać koercję i pogarszać zdolność materiału do łatwego przemagnesowania.



03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP – stale magnetycznie miękkie, czyste żelazo Armko / Armco

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 R_m**, około **118 MPa umownej granicy plastyczności R_{p0,2}**, około **50% wydłużenia A₁₀**, około **85% przewężenia Z** oraz twardość około **80 HB**.

Właściwość	Technicznie czyste żelazo - wartość typowa
Wytrzymałość na rozciąganie R _m	ok. 245 MPa
Umowna granica plastyczności R _{p0,2}	ok. 118 MPa
Wydłużenie A ₁₀	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 **R_m około 340 MPa, Re około 180 MPa, A₅ około 40%, Z około 65%** oraz udarność około **160 J/cm²**. Inne dane wskazują na R_m 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
R _m	ok. 262-340 MPa



03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP – stale magnetycznie miękkie, czyste żelazo Armko / Armco

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



03J, 03JA, 04J, 04JA, 06JA, 07J, 08J, 08JA, 08XP – stale magnetycznie miękkie, czyste żelazo Armko / Armco

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 przekładników**.

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.