Kopiowanie, powielanie, wykorzystywanie materiału wyłącznie w całości i tylko w celach edukacyjnych.
Publikowanie w części lub całości na innych stronach internetowych, w wersji elektronicznej i drukowanej oraz użycie w celach komercyjnych bez zgody autorów niedozwolone!

Organizatorzy nie ingerowali formę, treść merytoryczną i graficzną prezentacji!

Organizatorzy V SDS

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Kontaktowe spawanie stykowe wzmocnionych termicznie szyn kolejowych produkcji współczesnej. Doskonalenie systemów sterowania procesem spawania.

ISE im. J.O. Patona:
Narodowej Akademii Nauk Ukrainy prof. S. I. Kuczuk-Jacenko, pracownik naukowy A. W. Didkowski, dr n. tech. A. A. Piśmiennyj, dr n. tech. W. I. Szwec, dr n. tech. P. M. Rudenko.
.

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Kontaktowe spawanie stykowe szyn kolejowych

Na jakość spawanych styków wpływają następujące czynniki

- **Skład chemiczny stali szynowej**
- **Przestrzeganie technologii spawania**
  - Stan maszyny
  - Oczyszczenie szyn
  - Spawanie szyn
  - Oczyszczenie zadziorów
  - Wstępne oczyszczanie
  - Precyzyjne oczyszczanie
  - Obróbka termiczna
  - Defektoskopia
- **Moc sieci zasilającej**
  - Sieć przemysłowa
  - Diesel generator

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Skład chemiczny stali szynowej

Gatunek stali	Zawartość elementów w %									
	C*	Mn*	Si*	P*	S*	V	Ti	Cr	Al	Cu*
FR										
M76	0,71…0,82	0,75… 1,05	0,25…0,45	<0,035	<0,040	-	-	-	<0,02	-
E76T K76T*				<0,030	<0,035		0,007 …0,025	-		Do 0,15
E76F K76F				<0,025	<0,030	0,03 …0,15	-	-		
K78HSF E78HSF	0,74…0,82		0,40…0,8	<0,025	<0,025	0,05 …0,15	-	0,04…0,06	<0,005	-
CHINY										
U75V	0,7… 0,78	0,70… 1,05	0,50… 0,70	<0,035	<0,035	0,04… 0,08	-	-	-	-
Standard europejski 2011 r.										
R260	0,53…0,78	1,25…1,75	0,13…0,62	0,030	0,030	0,030	-	<0,015	0,004	-
R370CrHT	0,68…0,84	0,65…1,15	0,38…1,02	0,025	0,025	0,030	-	<0,35-0,65	0,004	-
R400HT	0,88-1,07	0,95...1,35	0,18…0,62	0,025	0,025	0,030	-	<0,30	0,004	-
Japonia										
350LTD	0,72…0,828	0,70… 1,20	0,35…1,0	<0,025	<0,025	0,001	0,001	0,30…0,70	<0,005	
	0,82…0,84	1,10…1,15	0,50…0,55	0,012… 0,02	0,004	-	-	0,12… 0,124	0,001	-
	0,98…1,01	0,70…0,72	0,48…0,51	0,014… 0,02	0,004… 0,01	-	-	0,20… 0,24	-	

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Skład chemiczny wtrąceń niemetalicznych w stali szynowej

Gatunek	Fe	Mn	Si	S	V	Ti	P	Al	Ca	Cu	O	Mg
Stal szynowa												
M76	39,8…80,9	0,86…10,3	0,51...1,3	0,3…5,3	Nie wykr.	Nie wykr.	0,02	Nie wykr.	0,03…5,3	0,01…0,11	6,3…55,2	Nie wykr.
K76F	33,5…58,5	0,01…0,5	0,9…6,1	2,4…30,1	0,006	0,1…1,2	0,02	0,001…5,3	0,1…5,3	0,01…0,15	11,9…30,5	0,2…0,5
E76F	68,9…95,8	0,7…1,6	0,56...5,9	0,08…0,5	0,06…0,12	-	0,01	0,29…0.31	0,55…5,2	0,15…0,18	1,86…21,8	0.4…0.7
R260	0,636	1,04	0,27	0,012	< 0,02	<0,002	0,011	<0,005	Nie wykr.	<0,02	Nie wykr	Nie wykr
Powierzchnia przełomu w spawanych złączach szyn												
M76	45,8…79,1	0,9…5,3	1,2…10,3	0,8…10,1	-	-	0,007	Nie wykr.	Nie wykr.	Wtrącenia pojedyncze		
K76T	20,9…35,9	0,0 …0,1	13.8…55,9	3,6…24,2	0,003	0,03…1,8	0…0,24	0,0… 0,48	0,1…2,8	Cząstki na plamie matowej		
E76F	22,8…37,5	0,8 …1,3	40,1…54,5	3,6…24,2	0,07…1,3	0,0…0,48	0…0,14	0,1…2,8	0,6…3,2	Cząstki na plamie matowej		

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Wtrącenia niemetaliczne w stalach szynowych produkcji współczesnej

Rys.1

Rys. 2

Rys. 3

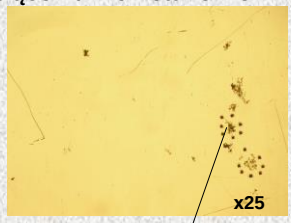
Rys. 4

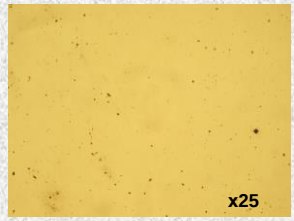
Rys. 5

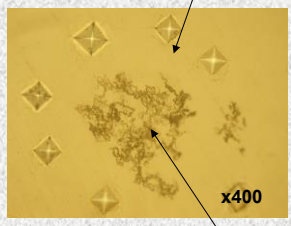
INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

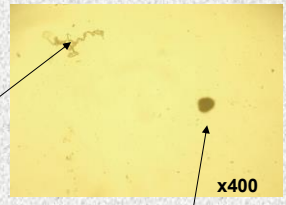
ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Wtrącenia niemetaliczne w stalach szynowych produkcji współczesnej, FR









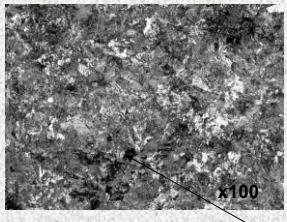
Stal zanieczyszczona wtrąceniami niemetalicznymi. W strukturze są obecne kuliste wtrącenia siarczku manganu, występują skupiska cząstek tlenku żelaza. Na zdjęciach pokazano miejsca lokalizacji skupisk, wykrywane na podstawie produktów korozji.

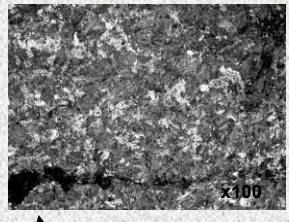
Liczne wtrącenia w kształcie soczewicy – siarczki manganu i żelaza.

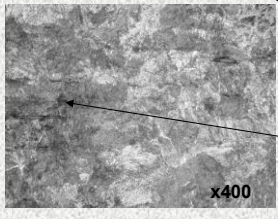
INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Wtrącenia niemetaliczne w stalach szynowych produkcji współczesnej, Polska (2010.12.02) w SWT







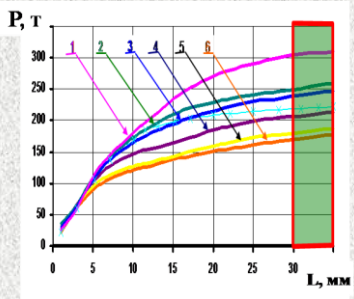
W strukturze stali i spoiny występują kuliste wtrącenia siarczków manganu. W poszczególnych miejscach tworzą skupiska.

W profilach walcowanych obserwuje się tak kuliste siarczki manganu, jak również niskotopliwe oksysiarczki manganu.

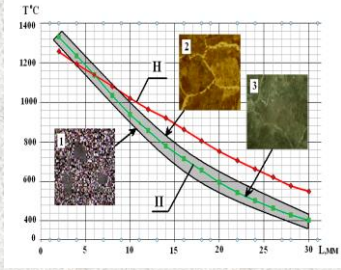
INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

Opracowanie technologii spawania szyn nowej generacji o dużej wytrzymałości.

Zależność obciążenia (P) w testach na statyczne boczne zginanie od strzałki łuku szyny (L)

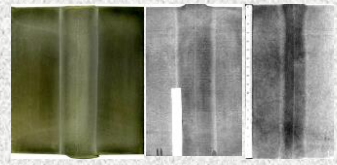


Rozkład temperatur przy spawaniu szyn R65 w trybie ciągłego (H) i wieloimpulsowego (II) stapiania.



1- Strefa kształtowania wtrąceń tlenkowych na linii spawania.
2- Strefa przegrzania (duże ziarno z ferrytem występującym na jego granicach).
3- Struktura optymalna.

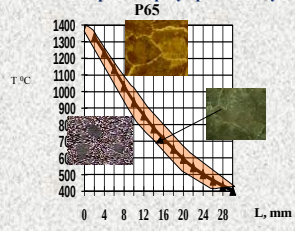
1. *- KMK, NTMK E78HSF, 2006 – 2012 , FR*
2. *- Azowstal K76F 2011 – 2012 Ukraina.*
3. *- KMK , NTMK K76T 2003 r., FR.*
4. *- KMK, NTMK E76F , E76T, 2006 – 2012, FR*
5. *- Chiny, U75 V 2003 -2012г.*
6. *– Azowstal M76, 1985 Ukraina.*



Makrostruktura spawanych złączy szyn:
a - M76 (tryb H);
b – E76F (tryb H);
c – E76F (tryb II);

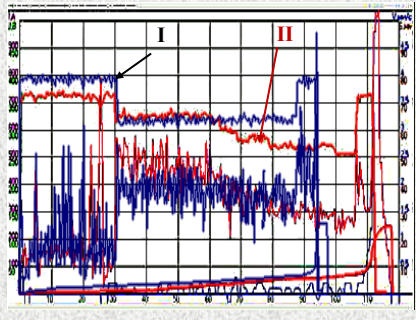
Samoregulujący system automatycznego sterowania procesem spawania kontaktowego szyn o wysokiej wytrzymałości w trybie wieloimpulsowego stapiania.

Rozkład temperatur przy spawaniu szyn P65



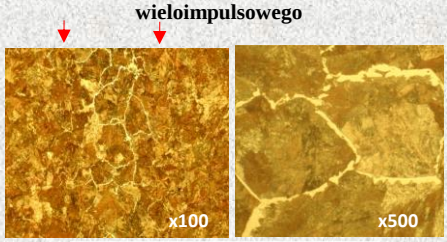
	Liczba parametrów spawania niezbędnych do ustawiania		
	Nagrzewania	Forsowania	Razem
Maszyny K1000.			
Ciągłe stapianie	7	13	28
Wieloimpulsowe stapianie	38	13	56
Tryb adaptacyjny na bazie KSU KS (Wdrożony na RSP)	1	14	28
MCP 6301			
Wieloimpulsowe stapianie	64	16	85

Parametry sterowane	Zakłócenia w procesie spawania ∧ U sieci ∧ obwody sp. Totocz. p, c, γ F ogniwa			Parametry wyjściowe
Napięcie U	Lp.	Etapy procesu spawania	Algorytmy	
Prąd spawania I Zużycie energii Q	1	Wzbudzenie	U_{CB}= const, t = const V = f ($I_{P(H)}$, I_C) ∆W=const	Wskaźniki prób mechanicznych i kontroli defektoskopowej
Prędkość stapiania V Przemieszczenie S	2	Nagrzewanie	V = f ($I_{P(H)}$, I_C), V< V_C, I < I_{K3} ∆W = f (u_i, V_{uH}, t_{SS}, Z_{SS}) ∆T — f (∆ W, V_{OC}, S, Z_{CC}) $\frac{f(U)}{f(V)}$ = const	
Siła deformacji F	3	Kształtowanie przerwy iskrowej	V ≅ I ≅ ∑ Gi , I_{KK}<< I << I_{K3}) P_{OC} = const	
Prędkość deformacji	4	Deformacja	P_c — f (S)	

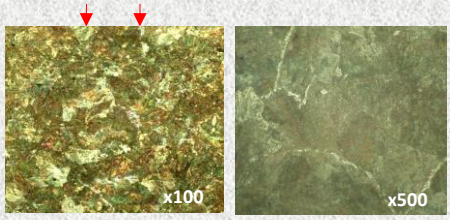


INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

Mikrostruktura spoiny wzdłuż łączy szyn spawanych w trybie stapiania ciągłego i wieloimpulsowego



E76F (tryb ciągłego stapiania)



E76F (tryb wieloimpulsowego stapiania);

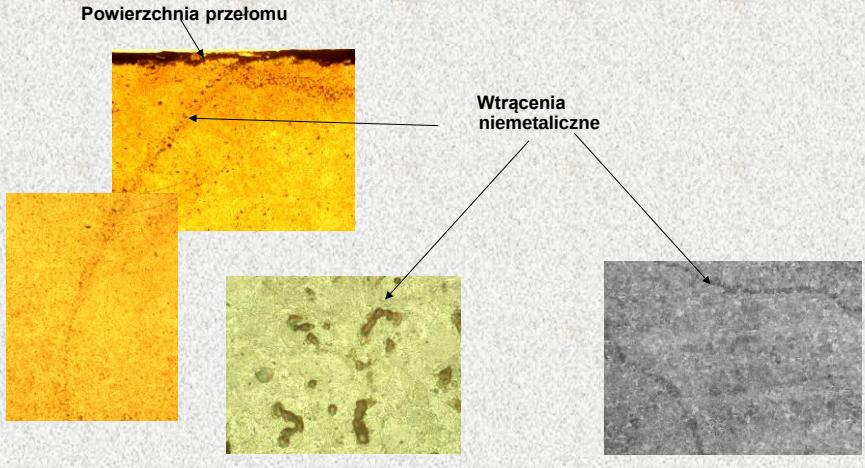
Wyniki prób na zginanie statyczne połączenia szyn różnych producentów w trybie ciągłego i wieloimpulsowego stapiania

Gatunek stali	Stapianie ciągłe		Stapianie wieloimpulsowe	
	P_{zg}, kN	f_{pk} mm	P_{zg}, kN	f_{pk} mm
M76	1800 …2400 2050	30 …50 35	1800 …2300 2250	35…60 40
K76T	1800 …2500 2100	12 …35 19	2300 …2700 2350	30 …45 32
E76F	1800 …2500 2100	12 …34 21	2300 …2700 2350	32 …48 34
U75V	1600 …2100 1800	25 …43 26	1750 …2200 1850	31 …56 38
BS113A	1400 …2000 1600	20 …36 25	1550 …2150 1750	30 …55 32

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

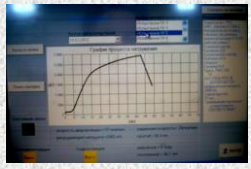
Mikrostruktura strefy połączenia stali szynowej E76F z pasem dużych wtrąceń niemetalicznych wychodzących na powierzchnię przełomu



INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Próby złączy spawanych



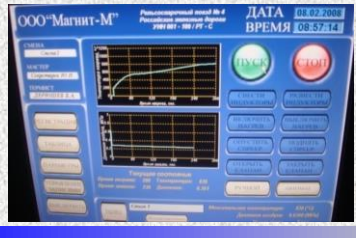
Próby mechaniczne styków spawanych na zginanie statyczne

Próby udarowe

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Kompleks przeznaczony do obróbki cieplnej styków spawanych przy produkcji ogniw szynowych wielkiej długości w warunkach pociągu z urządzeniem do zgrzewania szyn.



Charakterystyki techniczne:

- parametry sieci zasilania .....380/220 V, 50 Hz;
- moc znamionowa przetwornicy częstotliwości.....100 kWt;
- częstotliwość przetwarzania .....od 8 do 15 kHz;
- czas obróbki cieplnej, nie więcej niż .....8 min;
- chłodzenie przetwornicy częstotliwości.....powietrzne;
- chłodzenie elementu grzejnego wodne, nie mniej niż …6 l/min;
- ciśnienie wody chłodzącej nie mniej niż .....0,2 MPa;
- ciśnienie robocze w systemie zasilania powietrzem.....od 0,5 do 0,8 MPa;
- zużycie powietrza.....0,08 – 0,1 m^3/s;
- gabaryty przetwornicy częstotliwości, nie więcej niż …….. 530x530x1620 mm;
- gabaryty modułu do obróbki cieplnej, nie więcej niż ……. 1500x1300x1400 mm;
- waga przetwornicy częstotliwości, nie więcej niż.....100 kg;
- waga modułu do obróbki cieplnej, nie więcej niż .....150 kg.

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Indukcyjny kompleks grzewczy wysokiej częstotliwości do obróbki cieplnej styków spawanych szyn na osobnej platformie kolejowej

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Technologia i urządzenia do indukcyjnej obróbki cieplnej (OC) spawanych styków szyn kolejowych

W praktyce światowej przeważnie są stosowane dwa rodzaje OC spawanych styków szyn kolejowych – **gazowa** oraz **indukcyjna**.

Zalety:
Niewysoka wartość urządzeń

Wady:
stosowanie otwartego płomienia;
niemożliwość kontrolowania temperatury;
szeroka strefa oddziaływania termicznego;
nierównomierne nagrzewanie (kontur i przekrój)

Zalety:
nagrzewanie bezkontaktowe (brak otwartego płomienia;);
niewielkie gabaryty i waga.

Wady:
podwyższona częstotliwość prądu (8-15 kHz) nie zapewnia głębokiego nagrzewania styku;
szeroka strefa oddziaływania termicznego (uwarunkowana konstrukcją induktora i doborem częstotliwości);
nadmierne zużycie energii i czasu na cykl OC;
niewysoka niezawodność pracy tranzystorowego zasilacza przy niskich temperaturach otoczenia;
błąd kontroli pirometrycznej temperatury.

- **W niewystarczający sposób rozwiązany problem kontroli temperatury na powierzchni styku, a także jej ocena wewnątrz**

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Technologia i urządzenia do indukcyjnej obróbki cieplnej (OC) spawanych styków szyn kolejowych

- Proponowana technologia pozwala znacząco poprawić jakość i skrócić czas OC styków.

Skład wyposażenia indukcyjnej OC obejmuje:
- źródło zasilania – przetwornica częstotliwości prądu 2,4 kHz, o mocy 160 kWt;
- grzejnik indukcyjny;
- system obiegowego chłodzenia cieczowego;
- panel sterowania i sygnalizacji;
- system automatycznego sterowania i regulowania trybów OC.

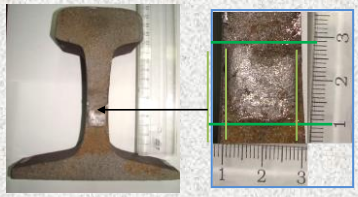
Proponowana technologia indukcyjna zapewnia:
- wąską strefę nagrzewania styku spawanego;
- rozgrzanie całego przekroju styku przy minimalnym wpływie temperaturowym na podstawowy metal szyny;
- minimalizację zużycia energii oraz czasu nagrzewania;
- kontrolę temperatury nagrzewania 825…1050^{0}C (w zależności od gatunku stali);
- dostępność trybu nagrzewania całego przekroju styku przy jednoczesnej kontroli przekroczenia temperatury na jego powierzchni zewnętrznej;
- możliwość sterowania programowego z automatycznym regulowaniem cyklu OC;
- opracowanie programów dla OC spawanych styków szyn z rozmaitych gatunków stali;
- możliwość opracowania wyposażenia dla pracy w warunkach stacjonarnych i polowych, z zastosowaniem nierozłączalnych i rozłączalnych systemów indukcyjnych.

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Defekty przy kontaktowym spawaniu stykowym

Nie zamknięty krater



Plamy matowe

Przegrzanie złącza spawanego

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

Wpływ obróbki termomechanicznej przy użyciu ściernicy

Przypalenia

Warstwa martenzytu z mikropęknięciami w strefie przypalenia metalu podczas szlifowania (x500)

INSTYTUT SPAWANIA ELEKTRYCZNEGO
im. J. O. PATONA
NARODOWEJ AKADEMII NAUK UKRAINY

ZAKŁADY APARATURY SPAWALNICZEJ
W KACHOWCE

WNIOSKI:

- istotny wpływ na spawalność wzmocnionych termicznie szyn produkcji współczesnej ma skład wtrąceń niemetalicznych w stali szynowej, które należą do komponentów niereglamentowanych;
- obecność w stalach szynowych zanieczyszczeń na podstawie tlenków wanadu, tytanu, aluminium pogorsza ich spawalność, ponieważ przyczynia się do powstania w związkach struktur tlenkowych i zwiększenia zawartości wolnego ferrytu na granicach ziaren;
- spawanie wzmocnionych termicznie szyn ze stali K76T, E76F, K76F sposobem kontaktowego stykowego spawania w trybie ciągłego stapiania, przyjętym przez Ministerstwa Transportu Ukrainy i FR dla szyn standardowych, nie zapewnia stabilnej jakości połączeń;
- opracowano technologię spawania kontaktowego metodą wieloimpulsowego stapiania wysokowytrzymałych szyn ze stali wymienionych wyżej, która zapewnia spełnienie wymogów normatywnych wobec jakości połączeń i została zatwierdzona przez Ministerstwa Transportu Ukrainy i FR jako bazowa przy budowie i naprawie torów kolejowych;
- opracowano nową generację stacjonarnych i przenośnych maszyn spawalniczych, zapewniających realizację technologii spawania w trybie wieloimpulsowego stapiania. W Zakładach Aparatury Spawalniczej w Kachowce została wdrożona masowa produkcja wskazanych urządzeń.