

# BIULETYN

INSTYTUTU SPAWALNICTWA



**Nr 6/2017**  
**Rocznik 61**

# BIULETYN

## INSTYTUTU SPAWALNICTWA W GLIWICACH

Nr 6

DWUMIESIĘCZNIK

Rocznik 61

### SPIS TREŚCI

■ Zmiany w składzie Rady Naukowej Instytutu Spawalnictwa - nowa kadencja .....	5
■ Międzynarodowe Targi „Schweissen & Schneiden”, Düsseldorf, 25-29.09.2017 r. ....	6
■ 59. Naukowo-Techniczna Konferencja Spawalnicza pt. „Spawanie - granice możliwości” (10-12.10.2017 r.) .....	12
■ Sympozyja spawalnicze firmy Linde Gaz Polska .....	17
■ Konferencje, seminaria, targi .....	20
■ Badania:	
• M. RÓŻAŃSKI, T. W. GROBOSZ - Wpływ jednokrotnej naprawy połączenia spawanego ze stali S690QL na właściwości SWC .....	26
• A. A. BABINIEC, I. A. RIABCEW, A. I. PANFIŁOW, W. W. PEREMITKO - Wpływ parametrów napawania drutami proszkowymi na geometrię ściegów napawanych na części płaskie i cylindryczne .....	30
• I.K. SENCHENKOV, I.A. RYABTSEV, E. TURYSK, O.P. CHERVINKO, I.I. RYABTSEV, A.A. BABYNETS - Obliczenia liczby dopuszczalnych napraw za pomocą napawania części maszyn eksploatowanych w warunkach cyklicznych obciążeń cieplnych i mechanicznych .....	36
• L. GROLIK, T. KIK, P. IREK - Modelowanie procesów spawalniczych - stosowane modele i przykłady .....	42
• S. L. SCHWAB, I. K. PETRYCHENKO, S. V. AKHONIN - Spawanie metodą TIG stopu tytanu VT22 z zastosowaniem zewnętrzznego sterującego pola magnetycznego .....	47
• V. M. KISLICYN, S. A. VORONIN - Stykowo-rezystancyjna metoda oceny stanu naprężeniowo-odkształceniowego połączeń spajanych .....	52
• N. POCICA, L. TUZ - Charakterystyka mikrostruktury stopu niklu w gatunku 600 po wysokotemperaturowym cyklu cieplnym .....	55
• M. PANAS, P. KOWALSKI, M. OSTRYSZ, W. ŁACISZ, A. SKUBLEWSKA, M. DYLEWSKI, P. GAWROŃSKI, M. GAJOWNICZEK, P. CEGIELSKI - Zastosowanie zrobotyzowanego napawania łukowego w tworzeniu modeli technikami przyrostowymi .....	59
■ J. CZUCHRYJ, B. CIERPICA - Urządzenie UKS do kontroli szczelności połączeń spawanych za pomocą próby pęcherzykowej z przyssawką próżniową .....	63
■ Nowe rozwiązania firmy Huntingdon w ofercie firmy RYWAL RHC .....	66
■ Polysoude na targach Schweissen & Schneiden - kolejny krok do przodu .....	68
■ Firma Kemppi definiuje na nowo spawanie w najbardziej wymagających warunkach przemysłowych dzięki X8 MIG Welder ..	70
■ Kolejne kursy Międzynarodowego Personelu Spawalniczego .....	72
■ Nowe książki .....	80
■ Nowe urządzenia i materiały .....	82
■ Komunikaty .....	86

### CONTENTS

■ Changes in Instytut Spawalnictwa Scientific Council - new term .....	5
■ „Schweissen & Schneiden” International Fair, Düsseldorf 2017 .....	6
■ 59 <sup>th</sup> Scientific-Technical Conference - „Welding - the limits of capabilities”, Poznań 2017 .....	12
■ Welding seminars by Linde Gaz Polska .....	17
■ Conferences, seminars, exhibitions .....	20
■ Investigations:	
• M. RÓŻAŃSKI, T. PFEIFER, W. GROBOSZ - Effect of the single repair of welded joint in steel S690QL on HAZ properties .....	26
• A. A. BABINIEC, I. A. RIABCEV, A. I. PANFILOV, W. W. PEREMITKO - Effect of powder surfacing on the geometry of run surfaced on flat and cylindrical elements .....	30
• I.K. SENCHENKOV, O.P. CHERVINKO, I.A. RYABTSEV, I.I. RYABTSEV, A.A. BABYNETS, E. TURYSK - Calculations of the number of allowed surfacing-based repairs of machinery elements exposed to cyclic thermal and mechanical loads .....	36
• L. GROLIK, T. KIK, P. IREK - Modelling of welding processes - Applied models and examples .....	42
• S. L. SCHWAB, I. K. PETRYCHENKO, S. V. AKHONIN - TIG welding of titanium alloy VT22 performed using external magnetic field control .....	47
• V. M. KISLITSYN, S. A. VORONIN - Contact-resistance assessment of the stress-strain condition of welded joints .....	52
• N. POCICA, L. TUZ - Microstructural characteristics of nickel alloy Grade 600 after high-temperature thermal cycle .....	55
• M. PANAS, P. KOWALSKI, M. OSTRYSZ, W. ŁACISZ, A. SKUBLEWSKA, M. DYLEWSKI, P. GAWROŃSKI, M. GAJOWNICZEK, P. CEGIELSKI - Robotic arc surfacing in the additive technique-aided creation of models .....	59
■ J. CZUCHRYJ, B. CIERPICA - UKS device for inspection of welded joints tightness using bubble test with vacuum box .....	63
■ New solutions for welding by Huntingdon offered by Rywal RHC .....	66
■ Polysoude on Schweissen & Schneiden - another step forward .....	68
■ Kemppi defines welding again using X8 MIG Welder in the most demanding environment .....	70
■ Another training for International Welding Staff .....	72
■ New books .....	80
■ New welding equipment and materials .....	82
■ Press releases .....	86



**INSTYTUT SPAWALNICTWA**  
**Członek Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa**  
**i Europejskiej Federacji Spawalniczej**



Biuletyn Instytutu Spawalnictwa  
PL ISSN 0867-583X

Wydawca:

Instytut Spawalnictwa w Gliwicach

Redaktor Naczelny: prof. dr hab. inż. Jan Pilarczyk  
Sekretarz Redakcji: mgr Alojzy Kajzerek

Adres Redakcji:

44-100 Gliwice, ul. Bł. Czesława 16-18  
tel. 32 3358201, 32 3358202, kom. 500 473364, fax: 32 2314652  
e-mail: Alojzy.Kajzerek@is.gliwice.pl,  
biuletyn@is.gliwice.pl; www.bis.is.gliwice.pl

Rada Naukowa Biuletynu:

**Akademik Borys E. Paton** - Instytut Elektrosvariki im. E.O.  
Patona, Kijów; Nacionalna Akademia Nauk Ukrainy

**Prof. Luisa Coutinho** - European Federation for Welding,  
Joining and Cutting, Lizbona, Portugalia

**Dr Mike J. Russel** - The Welding Institute (TWI),  
Cambridge, Anglia

**Dr Cécile Mayer** - International Institute of Welding, Paryż, Francja

**Prof. Slobodan Kralj** - Faculty of Mechanical Engineering  
and Naval Architecture, University of Zagreb, Chorwacja

**Prof. Edmund Tasak** - Akademia Górniczo-Hutnicza,  
Katedra Metaloznawstwa i Metalurgii Proszków

**Prof. Andrzej Klimpel** - Politechnika Śląska,  
Katedra Spawalnictwa, Gliwice

**Prof. Jan Pilarczyk** - Instytut Spawalnictwa, Gliwice

Rada Programowa Biuletynu:

Członkowie zewnątrzni:

**Prof. dr hab. inż. Andrzej Ambroziak** - Politechnika  
Wrocławska, Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji

**Prof. dr hab. inż. Andrzej Gruszczyk**

- Politechnika Śląska, Katedra Spawalnictwa

**Prof. dr hab. inż. Andrzej Kolasa** - Politechnika Warszawska,  
Zakład Inżynierii Spajania

**Prof. dr hab. inż. Jerzy Łabanowski**

- Politechnika Gdańska, Zakład Inżynierii Spajania

**Prof. dr hab. inż. Zbigniew Mirski** - Politechnika Wrocławska,  
Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji

**Prof. dr hab. inż. Jerzy Nowacki** - Zachodniopomorski  
Uniwersytet Technologiczny, Zakład Spawalnictwa

**Dr inż. Jan Plewniak** - Politechnika Częstochowska,  
Zakład Spawalnictwa

**Prof. dr hab. inż. Jacek Senkara** - Politechnika Warszawska,  
Zakład Inżynierii Spajania

Członkowie międzynarodowi:

**Prof. Peter Bernasovsky** - Výskumný ústav zvaračský -  
Priemyselný inštitút SR, Bratislava, Słowacja

**Prof. Alan Cocks** - University of Oxford, Anglia

**Dr Luca Costa** - Istituto Italiano della Saldatura, Genua, Włochy

**Prof. Petar Darjanow** - Technical University of Sofia, Bułgaria

**Prof. Dorin Dehelean** - Romanian Welding Society,  
Timisoara, Rumunia

**Dr Hongbiao Dong** - University of Leicester, Anglia

**Dr Lars Johansson** - Swedish Welding Commission,  
Sztokholm, Szwecja

**Ing. Peter Klamo** - Výskumný ústav zvaračský -  
Priemyselný inštitút SR, Bratislava, Słowacja

**Akademik Leonid M. Łobanow** - Instytut Spawania  
Elektrycznego im. E. O Patona, Kijów, Ukraina

**Prof. Dr.-Ing. Hardy Mohrbacher** - NiobelCon bvba, Belgia

**Prof. Ian Richardson** - Delft University of Technology, Holandia

**Mr. Michel Rousseau** - Institut de Soudure, Paryż, Francja

**Prof. dr Aleksander Zhelew** - Schweisstechnische Lehr- und  
Versuchsanstalt SLV-München Bulgarien GmbH, Sofia

Członkowie z Instytutu Spawalnictwa:

dr inż. Bogusław Czwornóg, dr hab. inż. Mirosław

Łomozik, prof. I.S., dr inż. Zygmunt Mikno,

dr inż. Adam Pietras, dr hab. inż. Jacek Słania,

prof. I.S., dr hab. inż. Eugeniusz Turyk, prof. I.S.,

dr inż. Piotr Sedek, prof. I.S.

Wersją pierwotną Biuletynu Instytutu Spawalnictwa jest wersja elektroniczna:

<http://bulletin.is.gliwice.pl>

## SPIS OGŁOSZEŃ REKLAMOWYCH

\*\*\*

**AIR LIQUIDE POLSKA Sp. z o.o.**  
[www.pl.airliquide.com](http://www.pl.airliquide.com) ..... s. 57

\*\*\*

**AIR PRODUCTS GAZY Sp. z o.o.**  
[www.airproducts.com.pl](http://www.airproducts.com.pl)  
..... s. 31

\*\*\*

**CLOOS POLSKA Sp. z o.o.**  
[www.cloos.pl](http://www.cloos.pl) ..... IV str. okł.

\*\*\*

**EXPOSILESIA**  
<http://www.exposilesia.pl/>  
..... s. 14

\*\*\*

**FRONIUS**  
[www.fronius.pl](http://www.fronius.pl) ..... II str. okł.

\*\*\*

**INSTYTUT SPAWALNICTWA**  
[www.is.gliwice.pl](http://www.is.gliwice.pl)

- Konferencja Spawalnicza ... s. 13  
- Ochrona antykorozyjna  
- kurs ..... s.58  
- Szkolenia z dofinans. UE s. 76  
- Kursy klejenia ..... s. 81

\*\*\*

**LINCOLN**  
[www.lincolnelectriceurope.com](http://www.lincolnelectriceurope.com)  
..... s. 75

\*\*\*

**MIĘDZYNARODOWE  
TARGI POZNAŃSKIE Sp. z o.o.**  
[www.itm.polska.pl](http://www.itm.polska.pl) ..... s. 23

\*\*\*

**TARGI KIELCE**  
[www.przemyslowawiosna.pl](http://www.przemyslowawiosna.pl)  
..... s. 32

\*\*\*

**TRUMPF POLSKA**  
[www.pl.trumpf.com](http://www.pl.trumpf.com) .... III str. okł.

## Konferencje, Targi

- **XXI Naukowo-Techniczna Konferencja Spawalnicza „Spawanie, energetyka, konstrukcje, przemysł maszynowy”**  
Jarnołtówek, 24-26 kwietnia 2018 r. .... s. 85
- **XXIV Naukowo-Techniczna Krajowa Konferencja Spawalnicza „Postęp, innowacje i wymagania jakościowe procesów spajania”**  
Międzyzdroje, 15-17.05.2018 r. .... s. 19
- **XVIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Zapewnienie jakości w odlewnictwie i spawalnictwie 2018”**  
Trzebnica, 23-25 maja 2018 r. .... s. 67
- **Konferencja „Laboratoria Badawcze, Systemy Jakości w Unii Europejskiej”** Lubniewice, Cottbus, 14-16 czerwca 2018 r., .... s. 25
- **5. Międzynarodowa Konferencja „Natryskiwanie cieplne i napawanie”,** Wrocław 28.09.2018 r. .... s. 79

## Praca

- **APC Presmet Sp. z o.o.** ..... s. 25

### WARUNKI PRENUMERATY NA 2018 R.

W związku z docierającymi do nas sygnałami o opóźnieniach w kolportażu prenumeraty Biuletynu Instytutu Spawalnictwa informujemy, że **gwarancją terminowego otrzymywania naszego czasopisma jest zamówienie prenumeraty bezpośrednio w Instytucie Spawalnictwa.** Dystrybucja Biuletynu przez Instytut Spawalnictwa zawsze następuje niezwłocznie po ukazaniu się czasopisma, z zachowaniem terminów przewidzianych cyklem wydawniczym.

Cena prenumeraty na 2018 r., wynosi 222 zł brutto. Warunkiem przyjęcia prenumeraty jest przesłanie do Instytutu Spawalnictwa zamówienia oraz dokonanie odpowiedniej wpłaty na konto Instytutu. Można także zamawiać starsze wydania (do wyczerpania nakładu). Formularz zamówienia prenumeraty dostępny jest na stronie internetowej <http://biuletyn.instytutu.spawalnictwa.pl/strona-cms/prenumerata>.

Zamówienia należy kierować:

Instytut Spawalnictwa

44-100 Gliwice, ul. Bł. Czesława 16-18

telefon 32 33-58-222, fax 32 33-16-105;

e-mail: iwona.kender@is.gliwice.pl

konto: BANK PEKAO S.A O/Gliwice

nr 59 1240 4272 1111 0000 4838 7224

Dodatkowych informacji dotyczących prenumeraty  
udziela Redakcja Biuletynu (tel. 32 33-58-201, 202)

oraz Ośrodek Marketingu i Informacji Naukowej (tel. 32 33-58-222)

# STRESZCZENIA ARTYKUŁÓW

## **M. Róžański, T. Pfeifer, W. Grobosz - Wpływ jednokrotnej naprawy połączenia spawanego ze stali S690QL na właściwości SWC**

Nieodzownym etapem wytwarzania konstrukcji stalowych jest usuwanie ewentualnych wad i niezgodności powstałych podczas spawania. Dodatkowy cykl cieplny towarzyszący ponownemu wykonaniu spoiny ma niewątpliwie negatywny wpływ na właściwości mechaniczne SWC. W artykule przedstawiono wyniki badań technologicznych nad wpływem ponownego spawania łukowego metodą MAG, prowadzonego w ramach naprawy, na właściwości SWC złączy doczołowych ze stali S690QL.

## **A. A. Babinić, I. A. Riabcew, A. I. Panfitow, W. W. Peremitko - Wpływ parametrów napawania drutami proszkowymi na geometrię ściegów napawanych na części płaskie i cylindryczne**

W badaniach porównawczych napawania łukiem samoosłonowym części płaskich i cylindrycznych stwierdzono, że w obu przypadkach obserwuje się zasadniczo identyczne zależności wpływu parametrów napawania na szerokość ściegu i udział materiału rodzimego w warstwie napawanej. Na głębokość wtopienia i stopień wymieszania największy wpływ ma natężenie prądu napawania, a na stabilność procesu napawania, jakość formowania warstwy napawanej i występowanie w niej wad - napięcie łuku. Mniejsza głębokość wtopienia w przypadku części cylindrycznych w porównaniu z częściami płaskimi, przy napawaniu z użyciem jednakowych parametrów napawania, jest tłumaczona wpływem przesunięcia osi elektrody względem pionu. Ustalone zależności pozwalają na wykorzystanie wyników dotyczących napawania powierzchni płaskich przy doborze optymalnych parametrów napawania części cylindrycznych.

## **I. K. Senchenkov, O. P. Chervinko, I. A. Ryabtsev, I. I. Ryabtsev, A. A. Babynets, E. Turyk - Obliczenia ilości dopuszczalnych napraw za pomocą napawania części maszyn eksploatowanych w warunkach cyklicznych obciążeń cieplnych i mechanicznych**

Przedstawiono metodę oceny trwałości zmęczeniowej i ilości dopuszczalnych remontów za pomocą napawania elementów cylindrycznych na powierzchni bocznej, przy działaniu eksploatacyjnych obciążeń cieplnych i mechanicznych. Dla analizowanego walca do pracy na gorąco określono ilość dopuszczalnych napraw za pomocą napawania, pozwalającą na ocenę całkowitego okresu bezpiecznej eksploatacji walca.

## **L. Grolik, T. Kik, P. Irek - Modelowanie procesów spawalniczych - stosowane modele i przykłady**

Celem artykułu jest przybliżenie sposobu modelowania procesów spawalniczych w programach do ich komputerowego wspomaganie. Podano przykłady zastosowania różnych modeli źródeł ciepła. Zwrócono uwagę na potrzebę przeprowadzenia badań mających na celu zwiększenie zgodności wyników symulacji z wynikami rzeczywistymi.

## **S. L. Schwab, I. K. Petrychenko, S. V. Akhonin - Spawanie metodą TIG stopu tytanu VT22 z zastosowaniem zewnętrznego sterującego pola magnetycznego**

Przedstawiono wyniki badań nad oddziaływaniem poprzecznego pola magnetycznego na zmianę przestrzennego usytuowania słupa łuku podczas spawania tytanu metodą TIG z zastosowaniem spoiwa w postaci drutu proszkowego. W oparciu o przeprowadzone badania opracowano technologię wielościegowego spawania wysokowytrzymałego stopu tytanu VT22 o grubości 8 mm z zastosowaniem poprzecznego pola magnetycznego. Wykazano, że zastosowanie poprzecznego pola magnetycznego umożliwia zmianę warunków krzepnięcia jeziora spawalniczego i sterowanie kształtem i wymiarami spoin zapewniając ich zadowalający kształt i jakość.

## **V. M. Kislitsyn, S. A. Voronin - Stykowo-rezystancyjna metoda oceny stanu naprężeniowo-odkształceniowego połączeń spajanych**

Wykazano, że rozpoznanie w zakresie badań nieniszczących doprowadziły do ponownego zainteresowania się metodą stykowo-rezystancyjną, która wykazuje liniową zależność pomiędzy oporem elektrycznym metali a obciążeniem rozciągającym o wystarczającej czułości rezystancyjnej oraz umożliwia wskazanie chwili, w której odkształcenia sprężyste przekształcają się w plastyczne. Metoda ta może być również stosowana do wykrywania wad spawalniczych.

## **N. Pociąca, L. Tuz - Charakterystyka mikrostruktury stopu niklu w gątanku 600 po wysokotemperaturowym cyklu cieplnym**

Stop 600 charakteryzuje się dużą odpornością na utlenianie w wysokich temperaturach oraz odpornością na korozję naprężeniową. Ze względu na te cechy znalazł szerokie zastosowanie w przemyśle chemicznym, spożywczym, jak również w inżynierii jądrowej. Materiał ten zaliczany jest do grupy materiałów trudno spawalnych. Wynika to z tego, iż posiada

szeroki zakres temperatury krzepnięcia, co zwiększa rozmiar obszaru stało-ciekłego wrażliwego na pęknięcie, który ciągnie się za jeziorkiem spawalniczym i występuje w strefie częściowego stopienia. W celu określenia podatności stopu do występowania pęknięć krystalizacyjnych wykonuje się symulację wysokotemperaturową. W pracy przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych na symulatorze Gleeble 3800, mające na celu wyznaczenie parametrów charakteryzujących właściwości stopu Inconel 600 w wysokich temperaturach, podczas nagrzewania i chłodzenia, tj.: temperaturę zerowej plastyczności NDT, temperaturę zerowej wytrzymałości NST i temperaturę odzysku plastyczności DRT. Na podstawie wyznaczonych temperatur określono zakres występowania kruchości wysokotemperaturowej HTBR. Dokonano obserwacji struktury materiału w obszarze zerwania próbki. Ocenie poddano również przełomy próbki, w celu ujawnienia charakterystycznych cech, określających ich rodzaj.

## **M. Panas, P. Kowalski, M. Ostrysz, W. Łacisz, A. Skublewska, M. Dylewski, P. Gawroński, M. Gajowniczek, P. Cegielski - Zastosowanie zrobotyzowanego napawania łukowego w tworzeniu modeli techniki przyrostowymi**

Dotychczas praktykowana odbudowa zużytych części maszyn metodami spawalniczymi, głównie przez napawanie łukowe i natryskiwanie cieplne, pozwalała na przywrócenie im nominalnych kształtów i wymiarów a także pozostałych parametrów oraz właściwości użytkowych. Intensywnie rozwijające się metody przyrostowe druku 3D pozwalają na budowę modeli i funkcjonalnych prototypów, w tym także części maszyn. W artykule przedstawiono autorskie prace zmierzające do zastosowania zrobotyzowanego napawania łukowego MIG/MAG, w odmianie niskoenergetycznej CMT, do budowy metalowych modeli 3D.

## SUMMARIES OF THE ARTICLES

### **M. Róžański, T. Pfeifer, W. Grobosz - Effect of the Single Repair of Welded Joint in Steel S690QL on HAZ Properties**

An essential stage in the making of steel structures involves the removal of welding imperfections. Undoubtedly, an additional thermal cycle accompanying the remaking of a weld adversely affects the mechanical properties of the HAZ. The article presents the results of technological tests concerning repeated MAG-based arc repair welding on the properties of the HAZ in welded joints made of steel S690QL.

### **A. A. Babinić, I. A. Riabcew, A. I. Panfitow, W. W. Peremitko - Effect of Powder Surfacing on the Geometry of Run Surfaced on Flat and Cylindrical Elements**

Comparative tests of self-shielded arc surfacing of flat and cylindrical elements led to the conclusion that both of the above-named cases revealed the identical effect of surfacing conditions on the run width and the base material content in the layer subjected to surfacing. It was revealed that penetration depth and stirring degree were mostly affected by the value of surfacing current whereas the stability of welding process, the formation of the surfaced layer and its quality were influenced by arc voltage. Shallower penetration depth in the case of the cylindrical elements if compared with that of the flat elements, subjected to surfacing performed using the same surfacing parameters, was attributed to the shift of the electrode in relation to the perpendicular. The identified correlations enable the use of test results obtained in relation to the surfacing of flat surfaces when adjusting the optimum surfacing conditions in relation to cylindrical elements.

### **I. K. Senchenkov, O. P. Chervinko, I. A. Ryabtsev, I. I. Ryabtsev, A. A. Babynets, E. Turyk - Calculations of the Number of Allowed Surfacing-Based Repairs of Machinery Elements Exposed to Cyclic Thermal and Mechanical Loads**

The article presents a method enabling the assessment of fatigue service life and the calculation of the number of allowed surfacing-based repairs of cylindrical elements (on the side surface) exposed to thermal and mechanical service loads. A cylinder intended for hot operation was subjected to analysis aimed to determine the allowed number of surfacing-based repairs. As a result, it was possible to assess the entire duration of safe cylinder operation.

### **L. Grolik, T. Kik, P. Irek - Modelling of Welding Processes - Applied Models and Examples**

The article aims to present the manner in which welding processes are modelled using dedicated software programmes, provides examples concerning applications of various heat sources and indicates the necessity of performing tests aimed to increase the consistence of simulation results with those obtained in experimental verification.

**S. L. Schwab, I. K. Petrychenko, S. V. Akhonin - TIG Welding of Titanium Alloy VT22 Performed Using External Magnetic Field Control**

The article presents results of tests concerning the effect of transverse magnetic field on the change in the spatial position of arc column during the TIG flux-cored welding of titanium. The tests enabled the development of the multi-run welding of 8 mm thick high-strength titanium alloy VT22 using crosswise magnetic field. It was revealed that the use of transverse magnetic field made it possible to change weld pool solidification conditions as well as to control the shape and dimensions of the weld enabling the obtainment of properly shaped welds characterised by satisfactory quality.

**V. M. Kislitsyn, S. A. Voronin - Contact-Resistance Assessment of the Stress-Strain Condition of Welded Joints**

NDT-related diagnostics have triggered renewed popularity of the contact-resistance method indicating linear dependence between the electric resistance of metals and tensile stress having significant resistance sensitivity. The contact-resistance method enables the indication of a moment where elastic stresses transform into plastic stresses and can also be used to detect welding imperfections.

**N. Pocica, L. Tuz - Microstructural Characteristics of Nickel Alloy Grade 600 After High-Temperature Thermal Cycle**

Alloy grade 600 is characterised by high oxidation resistance at high temperature and resistance to stress corrosion. Because of the above-named characteristics, the alloy is widely used in the chemical and food industries as well as in nuclear engineering. However, the alloy belongs to the group

of hard-to-weld materials and, because of that fact, has a wide range of a solidification point, which extends the size of the liquid-sensitive fracture area extending beyond the weld pool and occurring in the partially melted zone. The susceptibility of alloys to solidification cracking is determined using high-temperature simulation. The study presents results of tests performed using a Gleeble 3800 simulator. The tests were performed to identify parameters characterising properties of alloy Inconel 600 at high temperature, during heating and cooling, i.e. nil ductility temperature (NDT), nil strength temperature (NST) and ductility recovery temperature (DRT). The identification of the above-named temperatures enabled the determination of the high-temperature brittleness range (HTBR). The material structure in the specimen rupture area was subjected to observation. The specimen fractures were subjected to observation aimed to reveal features revealing fracture types.

**M. Panas, P. Kowalski, M. Ostrysz, W. Łacisz, A. Skublewska, M. Dylewski, P. Gawroński, M. Gajowniczek, P. Cegielski - Robotic Arc Surfacing in the Additive Technique-Aided Creation of Models**

Previously used reconditioning of worn machinery parts based on welding methods, primarily arc surfacing and thermal spraying, enabled the restoring of nominal shapes and dimensions as well as other parameters and functional properties of elements. Intensively developing 3D print additive methods enable the creation of models and functional prototypes, including machinery elements. The article presents original works aimed at the implementation of MIG/MAG robotic arc surfacing (in its low-energy CMT variant) in the design and fabrication of 3D metal models.