

Właściwa jakość i wydajność.  
Gazy osłonowe do spawania  
stali wysokostopowych.

Linde Gas

*Linde*





## Wymagający materiał, niezawodny gaz.

Właściwy dobór gazu osłonowego ma istotny wpływ na jakość uzyskanych połączeń oraz wydajność spawania.

### Spawanie stali wysokostopowych

Stale wysokostopowe charakteryzują się dobrymi własnościami wytrzymałościowymi i plastycznymi w szerokim zakresie temperatur oraz wysoką odpornością korozyjną w środowiskach szczególnie agresywnych. Te cechy oraz ciągłe udoskonalanie gatunków stali wysokostopowych czynią zeń grupę materiałów coraz chętniej stosowanych na konstrukcje mające spełnić najwyższe wymagania.

Przyjmując jako kryterium podziału ich mikrostrukturę, stale wysokostopowe można podzielić na następujące grupy: stale ferrytyczne, stale martenzytyczne, stale austenityczne, stale super-austenityczne, stale duplex (ferrytyczno-austenityczne) i stale super-duplex.

Spośród wymienionych grup najłatwiej spawalne są stale o strukturze austenitycznej i dlatego ta grupa materiałów jest obecnie najczęściej wykorzystywana w przemyśle.

### Wpływ gazów osłonowych na proces spawania

Gazy osłonowe w procesie spawania, oprócz ochrony ciekłego jeziora przed dostępem i niekorzystnym wpływem zanieczyszczeń pochodzących z otaczającej atmosfery, wywierają zasadniczy wpływ na zjawiska fizyko-chemiczne zachodzące w łuku w czasie jego jarzenia. Tym samym w sposób bezpośredni wpływają na szereg czynników decydujących o prawidłowym przebiegu procesu spawania. Odpowiednia proporcja składników gazów ochronnych jest niezwykle istotna z punktu widzenia zarówno wydajności procesu spawania jak i przydatności uzyskanych połączeń.

O przydatności poszczególnych składników gazów osłonowych dla różnych metod spawania i różnych materiałów decydują:

- skuteczność ochrony jeziora spawalniczego,
- stabilność jarzenia się łuku i sposób transportu kropli do jeziora spawalniczego,
- stopień wypalania składników stopowych,
- sposób formowania się spoiny wygląd lica, profil i głębokość wtopienia,
- ilość odprysków,
- własności mechaniczne spoiny.



### **Skuteczność ochrony jeziora spawalniczego**

Gaz osłonowy z definicji powinien zabezpieczać przed szkodliwymi reakcjami mogącymi zachodzić między rozgrzanym materiałem elektrody oraz jeziora spawalniczego, a otaczającą atmosferą. Dlatego bardzo istotna jest znajomość skutków fizycznego i chemicznego oddziaływania poszczególnych składników mieszanek gazów osłonowych na ciekły metal jeziora i elektrody. Gazy takie jak tlen, dwutlenek węgla, azot czy wodór są gazami aktywnymi, mogą więc tworzyć z materiałami chemicznie czynnymi związki zwane tlenkami, węglnikami i azotkami. Ciężar gazów osłonowych w porównaniu do ciężaru powietrza decyduje o skuteczności bariery, jaka powstaje pomiędzy otaczającą atmosferą a jeziorciem spawalniczym. Wszelkie zaburzenia przepływu gazu osłonowego mogą powodować porywania zanieczyszczeń oraz innych gazów z otaczającej atmosfery, prowadząc tym samym do powstania niekorzystnych zmian w strukturze spoiny takich jak pęcherze gazowe czy wtrącenia

niemetaliczne. Należy podkreślić, że gazy cięższe od powietrza są mniej podatne na zaburzenia wywołane przeciągami niż gazy lżejsze od powietrza, zatem stosowanie tych ostatnich wymaga zwiększenia natężenia przepływu dla zapewnienia odpowiedniej skuteczności osłony.

### **Sposób transportu kropli do jeziora spawalniczego**

Potencjał jonizacji gazu osłonowego ma istotny wpływ na proces jarzenia się łuku spawalniczego, a jego niska wartość decyduje o stabilności tego procesu. Nawet niewielki dodatek składnika o niskim potencjale jonizacji w znaczący sposób wpływa na obniżenie efektywnego współczynnika jonizacji. Wpływa również na zmniejszenie wymiarów kropli ciekłego metalu oraz sprzyja osiowemu przejściu kropli w łuku i zmniejsza siły powodujące odpychanie kropli, zmniejszając tym samym ilość odprysków.

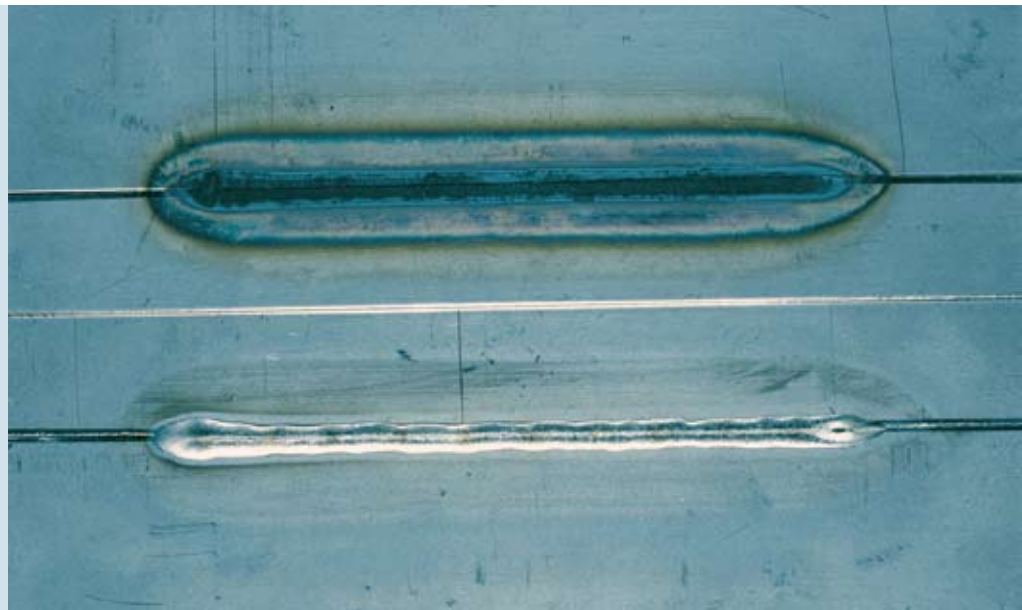
### **Stopień wypalania składników stopowych**

W procesie spawania rozgrzany metal jest bardzo czynny chemicznie i niezwykle łatwo tworzy szkodliwe związki chemiczne podczas kontaktu z otaczającą atmosferą.

Metalurgiczne oddziaływanie mieszanek gazów osłonowych na stapiany materiał elektrody i spoinę ma istotny wpływ na jakość uzyskanych połączeń. Sposób i intensywność oddziaływania metalurgicznego, zależy od rodzaju i proporcji składników zastosowanych w mieszance. Tlen i dwutlenek węgla jako gazy utleniające powodują wypalanie składników stopowych, co w konsekwencji może prowadzić do utraty własności antykorozyjnych złączy. Utlenianie może również spowodować pojawienie się w spoinie wtrąceń tlenkowych. Dodatkowo, dwutlenek węgla bardzo łatwo wchodzi w reakcje z chromem, tworząc węgliki chromu, co prowadzi do dechromacji granic ziaren a w konsekwencji przyczynia się do powstawania korozji międzykrystalicznej.

Grań spoiny wykonana bez gazu formującego.

Grań spoiny wykonana przy użyciu gazu formującego.



### Sposób formowania się spoiny – wygląd lica, profil i głębokość wtopienia

Odpowiedni dobór składników gazu osłonowego wpływa na kształt lica spoiny oraz profil i głębokość wtopienia w spawany materiał. Stosując do argonu dodatek gazów posiadających wysoki współczynnik przewodności cieplnej (hel, wodór czy dwutlenek węgla) przy tych samych parametrach prądowych spawania uzyskamy zdecydowanie korzystniejszy profil wtopienia w porównaniu do spawania w osłonie samego argonu. Aby uzyskać poprawę wyglądu lica spoiny i profilu przejścia spoiny w materiał spawany należy zastosować dodatek gazów obniżających napięcie powierzchniowe jeziora ciekłego metalu (tlen i dwutlenek węgla). Wpłyne to znacząco na zmniejszenie wielkości nadlewu spoiny i poprawi profil przejścia lica spoiny w materiał rodzimy. Jest to ważne szczególnie przy drogich materiałach dodatkowych, jakimi są stale CrNi.

### Ilość odprysków

Proces jarzenia się łuku powinien być prowadzony w możliwie najbardziej stabilnych warunkach, aby zminimalizować ilość odprysków powstających w procesie spawania. Istotne jest też żeby samo przejście kropli stopionego metalu w łuku było osiowe i pozbawione tendencji do zawirowań. Każde zwarcie drutu elektrodowego z jeziorkiem spawalniczym powoduje nagłe zmiany sił działających w łuku i jest przyczyną powstawania odprysków. Zasadniczy wpływ na stabilizację przestrzeni gazowej między elektrodą a spawanym materiałem ma potencjał jonizacyjny mieszanki. Dodatek do argonu gazu o niskim potencjale jonizacyjnym (wodór, tlen czy dwutlenek węgla) powoduje obniżenie tzw. efektywnego współczynnika jonizacji, co przyczynia się do poprawy stabilności jarzenia się łuku.

### Właściwości mechaniczne spoiny

Wybór gazu osłonowego ma wpływ na właściwości mechaniczne złączy spawanych np. na poziom wypalania składników stopowych, a w konsekwencji na jej wytrzymałość. Właściwa wytrzymałość spoiny wynika z odpowiedniego profilu i głębokości wtopienia w spawany materiał, co można uzyskać stosując gazy podnoszące temperaturę łuku. Kształt lica spoiny i profil przejścia w materiał rodzimy jest kolejnym czynnikiem wpływającym na wytrzymałość złącza. Łagodne przejście w spawany materiał minimalizuje możliwość wystąpienia spiętrzeń naprężeń.

# Jakość widoczna nie tylko w świetle łuku.

## Gazy osłonowe do spawania stali wysokostopowych.



### GAZY OSŁONOWE CRONIGON®

Są to gazy osłonowe powstałe na bazie argonu z dodatkami dwutlenku węgla, tlenu lub helu. Gazy te przeznaczone są do spawania stali wysokostopowych metodą MAG.

#### CRONIGON® 2 (Ar + 2,5% CO<sub>2</sub>)

Niewielki dodatek dwutlenku węgla do argonu odgrywa dość istotną rolę w przebiegu procesu spawania. Fakt, że CO<sub>2</sub> posiada dość niski potencjał jonizacji (14,4 eV) w zasadniczy sposób wpływa na ułatwienie zjonizowania przestrzeni gazowej między elektrodą a spawanym materiałem, jednocześnie stabilizując jarzenie się łuku. Proces spawania przebiega wówczas w sposób stabilny, minimalizując ilość łatwousuwalnych odprysków. Dodatkowo wysoka przewodność cieplna CO<sub>2</sub> powoduje zwiększenie przekroju poprzecznego słupa łuku, poprawiając tym samym wtopienie w spawany materiał. Przyspiesza także proces spawania, w porównaniu do spawania w samym argonie. W łuku, gdzie panuje wysoka temperatura dwutlenek węgla ulega dysocjacji na tlen i tlenek węgla, co z jednej strony powoduje wypalanie składników stopowych, z drugiej strony powoduje ryzyko miejscowego nawęglenia spoiny. Jest to szczególnie istotne przy spawaniu niektórych gatunków stali (ELC Extra Low Carbon).

#### CRONIGON® S2 (Ar + 2%O<sub>2</sub>)

Niska energia jonizacji, jaką posiada tlen (13,6 eV) wpływa korzystnie na łatwość zajarzenia łuku spawalniczego, dodatkowo stabilizując go. Ponadto obecność tlenu obniża napięcie powierzchniowe ciekłego jeziora, co wpływa na poprawę profilu przejścia spoiny w spawany materiał i zmniejszenie wysokości nadlewu lica spoiny. Obniżone napięcie powierzchniowe stwarza mniejsze ryzyko powstania podtopień spoiny. Jednak tlen powoduje rzadkość jeziora spawalniczego, co może utrudniać spawanie w pozycjach przymusowych.

Tlen powoduje zmniejszenie wartości prądu krytycznego, przy której zmienia się charakter przenoszenia metalu elektrody ze sposobu zwarciowego na sposób natryskowy. Krople metalu przenoszone są osiowo w łuku spawalniczym co zmniejsza poziom odprysków i polepsza formowanie lica spoiny.

Mieszanka z dodatkiem tlenu daje więcej żużła powierzchniowego w procesie spawania, niż mieszanka z dodatkiem dwutlenku węgla. Dlatego też dodatek CO<sub>2</sub> zalecany jest, gdy wymagana jest duża czystość spoiny. Zarówno dwutlenek węgla jak i tlen są gazami cięższymi od powietrza, ich dodatek nie powoduje więc obniżenia skuteczności ochrony jeziora spawalniczego przed dostępem zanieczyszczeń.

#### CRONIGON® He20 (Ar+2%CO<sub>2</sub> +20%He)

#### CRONIGON® He50 (Ar+2%CO<sub>2</sub> +50%He)

Gazy osłonowe zawierające zarówno hel jak i dwutlenek węgla.

Wraz ze wzrostem zawartości helu polepsza się wtopienie i zwiększa możliwa do uzyskania prędkość spawania.

Dodatek dwutlenku węgla jest elementem stabilizującym proces jarzenia się łuku. Łagodzi niedogodności wynikające z wysokiego potencjału jonizacyjnego helu (24,6 eV).



CRONIGON S2®



CRONIGON 2®



#### GAZY OSŁONOWE VARIGON®

Są to gazy osłonowe powstałe na bazie argonu z dodatkiem helu, lub wodoru. Gazy z dodatkiem helu przeznaczone są do spawania stali wysokostopowych zarówno metodą MIG jak i TIG, natomiast gazy z dodatkiem wodoru przeznaczone są wyłącznie do spawania stali o strukturze austenitycznej metodą TIG.

##### **VARIGON®He 30 (Ar + 30% He)**

##### **VARIGON®He 50 (Ar + 50% He)**

##### **VARIGON®He 70 (Ar + 70% He)**

Hel podobnie jak argon należy do grupy gazów chemicznie obojętnych, nie wchodzących w reakcje chemiczne ze spawanym materiałem oraz z elektrodą. Wysoka energia jonizacji helu (24,6 eV) powoduje pewne trudności w zajarzeniu łuku spawalniczego. Konsekwencją tego jest również mało stabilny proces jarzenia się łuku w czystym helu bądź mieszaninach bogatych w hel.

Hel posiadając wysoką przewodność cieplną, zwiększa przekrój poprzeczny słupa łuku, co powoduje, że na stosunkowo dużym obszarze uzyskujemy głębokie wtopienie, przy niskim nadlewie lica spoiny. Dodatek helu do mieszanki gazu osłonowego umożliwia zwiększenia prędkości spawania. Ponadto hel powoduje wzrost napięcia łuku.

Zawartość helu w mieszance powinna być uzależniona od grubości spawanych elementów – im grubszy element, tym więcej helu w mieszance.

Hel jest gazem lżejszym od powietrza, co przy znacznym jego udziale w gazie osłonowym może negatywnie wpłynąć na skuteczność osłony jeziora spawalniczego. Dlatego zaleca się zwiększenie wydatku gazu osłonowego, w zależności od zawartości helu w składzie mieszanki, nawet do 40 l/min.

##### **VARIGON® H2 (Ar + 2% H<sub>2</sub>)**

##### **VARIGON®H6 (Ar + 6% H<sub>2</sub>)**

##### **VARIGON®H10 (Ar + 10% H<sub>2</sub>)**

Wodór z uwagi na swą niską energię jonizacji ułatwia zjonizowanie przestrzeni gazowej pomiędzy elektrodą a spawanym materiałem, powodując jednocześnie stabilizację jarzącego się łuku. Z kolei wysoka przewodność cieplna wodoru powoduje znaczne zwiększenie przekroju porzecznego słupa łuku, przyczyniając się tym samym do głębszego wtopienia w spawany materiał na dość szerokim obszarze. Dodatkowo zwiększona energia łuku powoduje rzadkość jeziora i mniejszy nadlew lica spoiny o łagodnym przejściu w spawany materiał. Wszystkie te cechy sprawiają, że łuk spawalniczy jest bardziej odporny na wszelkie zakłócenia będące wynikiem zmiany jego długości.

Własności wodoru sprzyjają redukcji tlenków na powierzchni spoiny czyniąc jej lico bardziej czystym.

Wodór jest gazem lżejszym od powietrza, ale ponieważ jest dodawany do mieszanki osłonowej w niewielkiej ilości, nie wpływa to w żaden sposób na stopień skuteczności osłony gazowej. Wodór ze względu na zmienną rozpuszczalność może być przyczyną wad w stalach o strukturze ferrytycznej, dlatego może być składnikiem osłon stosowanych jedynie do spawania stali austenitycznych.

Do spawania ręcznego metodą TIG stosujemy mieszankę o zawartości do 2% wodoru, mieszanki zawierające większe ilości, przeznaczone są do spawania zmechanizowanego. Nawet niewielki dodatek wodoru do gazu osłonowego umożliwia znaczne zwiększenie prędkości spawania.



#### GAZY OSŁONOWE MISON®

**MISON® (Ar + 0,03 % NO)**

**MISON® 2 (Ar + 2% CO<sub>2</sub> + 0,03% NO)**

**MISON® 2He (Ar + 2% CO<sub>2</sub> + 30% He + 0,03% NO)**

**MISON® H2 (Ar + 2% H<sub>2</sub> + 0,03% NO)**

**MISON® N2 (Ar + 1,8% N<sub>2</sub> + 0,03% NO)**

Są to gazy osłonowe na bazie argonu z dodatkiem tlenu azotu oraz innych gazów (dwutlenek węgla, wodór, hel, azot). Przeznaczone są do spawania stali wysokostopowych metodą TIG jak też MIG/MAG. Mieszanki z tej grupy różnią się od typowych mieszanek gazów osłonowych zawartością tlenu azotu.

Dodatek tlenu azotu, znakomicie redukuje ozon powstający w procesie spawania stali wysokostopowych. Redukcja ozonu następuje już w strefie łuku. Tlenek azotu dodatkowo stabilizuje przestrzeń jarzącego się łuku co sprzyja powstawaniu gładkiego lica spoiny.

#### GAZY FORMUJĄCE

**Gaz Formujący 90/10 (90% N<sub>2</sub> + 10% H<sub>2</sub>)**

**Gaz Formujący 80/20 (80% N<sub>2</sub> + 20% H<sub>2</sub>)**

Gazy formujące powstały na bazie azotu z dodatkiem wodoru w różnych proporcjach. Ich rola polega na ochronie grani spoiny przed niekorzystnym wpływem gazów atmosferycznych. Wodór zawarty w gazie redukuje powstawanie tlenków, co daje czystą, wolną od nalotów, powierzchnię spoiny. Pozwala to uniknąć dalszej obróbki spoiny poprzez trawienie czy szlifowanie. Gazy formujące zalecane są wszędzie tam gdzie wymagana jest czysta powierzchnia grani spoiny, np. w przemyśle spożywczym czy farmaceutycznym.

Należy jednak unikać stosowania gazów formujących na bazie azotu dla stali stabilizowanych tytanem z uwagi na możliwość powstawania azotków tytanu. W takim przypadku zalecany jest gaz formujący na bazie argonu i wodoru.

# Stawiamy na innowacje i partnerstwo

Nowatorskie rozwiązania w dziedzinie zastosowań gazów zapewniły Linde Gas pozycję technologicznego lidera. Nasze produkty i technologie gazowe wybierają najbardziej wymagający klienci w ponad 70 krajach świata.

Staramy się być dla nich zaufanym partnerem w realizacji nawet najtrudniejszych przedsięwzięć gospodarczych. Tworzymy rozwiązania pozwalające działać skuteczniej i wydajniej.

Pragniemy, by nasza firma była postrzegana jako partner wyróżniający się jakością i profesjonalizmem. Każdy sukces naszego klienta cieszy nas i motywuje do dalszej pracy.

**Linde Gas – ideas become solutions.**

0114.0608-1.2.pl

## Biura handlowe

**Bydgoszcz**, ul. Chemiczna 1, Tel.: 052 372 61 00, Fax: 052 363 20 03  
**Gdańsk**, ul. Grunwaldzka 311, Tel.: 058 552 20 61, Fax: 058 511 28 35  
**Kielce**, ul. Ściegiennego 201, Tel.: 041 368 74 80, Fax: 041 361 80 92  
**Kościan**, ul. Przemysłowa 17, Tel.: 065 511 89 00, Fax: 065 511 89 02  
**Kraków**, al. Jana Pawła II 41a, Tel.: 012 643 92 00, Fax: 012 643 93 00  
**Lublin**, ul. Mełgiewska 7/9, Tel.: 081 710 15 90, Fax: 081 710 15 85  
**Łódź**, ul. Traktorowa 145, Tel.: 042 613 65 40, Fax: 042 613 65 45

**Mielec**, ul. Przemysłowa 24, Tel.: 017 788 76 54, Fax: 017 788 76 06  
**Olsztyn**, ul. Lubelska 44d, Tel./Fax: 089 533 76 01, Tel. kom.: 0600 060 075  
**Poznań**, ul. Dąbrowskiego 138, Tel.: 061 848 30 69, Fax: 061 841 19 42  
**Pszczyna**, ul. Grzebłowiec 34, Tel. 032 449 27 04, Fax 032 449 27 05  
**Szczecin**, ul. Celna 1, Tel./Fax: 091 462 44 51, 091 462 32 85  
**Warszawa**, ul. Zgrupowania AK „Kampinos” 30, Tel.: 022 569 83 00, Fax: 022 569 83 02  
**Wrocław**, ul. Zaolziańska 1, Tel.: 071 783 76 60, Fax: 071 783 76 61 w. 150  
**nowy adres od 07.2008: Wrocław**, ul. Prosta 36, Tel.: 071 367 14 13

Linde Gaz Polska Sp. z o.o.  
al. Jana Pawła II 41 a, 31-864 Kraków  
Telefon: +48 12 643 92 00, Fax: +48 12 643 93 00, [www.linde-gaz.pl](http://www.linde-gaz.pl)

