

# NOWOCZESNE TECHNOLOGIE SPAWALNICZE

DARIUSZ CHROMIK

Przy budowie rurociągów szczególne wymagania dotyczą zapewnienia gwarancji długoletniej bezpiecznej i bezawaryjnej eksploatacji. Musi być bezwzględnie spełnionych cały szereg wymogów zaczynając od etapu projektowania, potem przygotowania inwestycji aż do ostatnich kroków jej realizacji.

Natomiast konkretny, bezpośredni wpływ na późniejszą pracę rurociągu ma jakość materiału, z którego jest wykonany czyli przede wszystkim rur oraz jakość wykonawstwa czyli w największym stopniu spawania. I właśnie niektórym, wybranym aspektom dotyczącym gatunkom stali stosowanych na rury oraz ich późniejszego spawania chcę poświęcić niniejsze wystąpienie.

Wybór materiału na rury przeznaczone do budowy projektowanego rurociągu wymaga analizy warunków jego przyszłej pracy, agresywności środowiska i przetłaczanego medium, jak również warunków montażu. Pod względem składu chemicznego, materiał rur powinien charakteryzować się dobrymi własnościami spawalniczymi, mając przede wszystkim na względzie przyszły montaż, często w bardzo trudnych warunkach tereno-pogodowych. Stosowanie stali wyższej jakości niż niezbędne-podnosi koszt inwestycji, ale użycie stali zbyt niskiej jakości albo obniża stopień niezawodności kon-

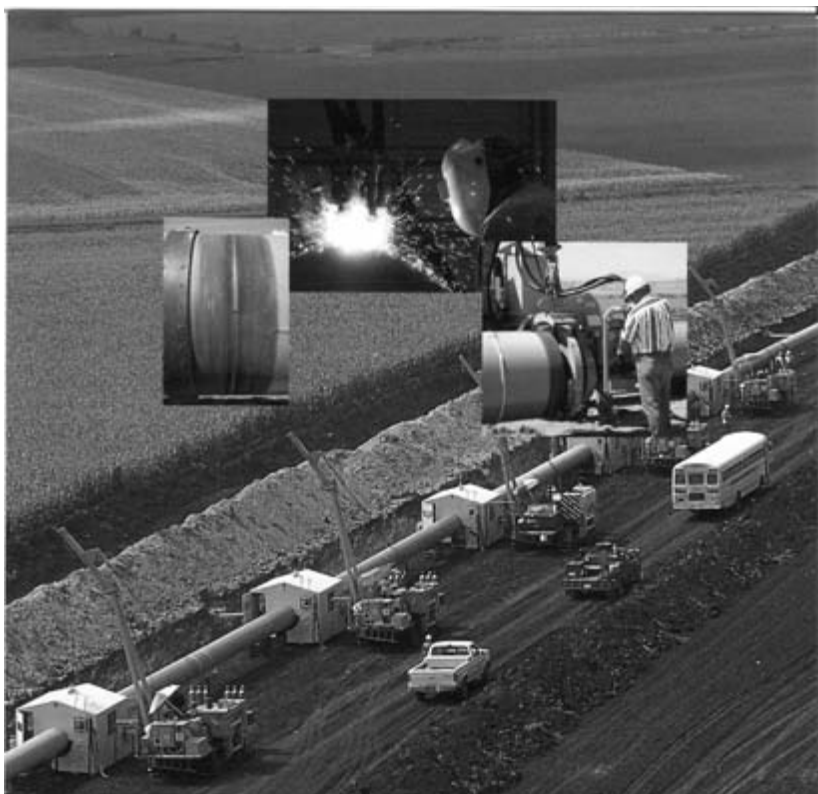
strukcji albo wymaga zwiększenia grubości ścianek, co zwiększa masę potrzebnych rur.

Przez lata rury na rurociągi dobierano przede wszystkim wg amerykańskich norm API, od lat dziewięćdziesiątych w Europie jest to norma EN 10208.

Jeśli chodzi o własności wytrzymałościowe rur stosowanych na rurociągi przesyłowe, to ich poziom jest obecnie znacznie wyższy niż 15-20 lat temu. Kiedyś powszechnie stosowano stale o granicach plastyczności do 360 MPa, obecnie dla rurociągów o średnicy od DN 300, standardem stały się rury z nowoczesnych stali obrabianych termomechanicznie o granicach plastyczności powyżej 400 MPa. Są to stale L415MB, L450MB i L485 MB wg normy PN-EN 10208-2 lub X60, X65 i X70 zgodnie z oznaczeniami amerykańskimi API 5L. Należy pamiętać, że nie są to dokładnie te same stale, jednak z pewnym przybliżeniem możemy traktować je na równi np. L415MB i X60. Chciałbym w tym miejscu przypomnieć, traktując to jako swego rodzaju ciekawostkę, jakie rury zastosowano na budowie gazociągu orenburskiego 30 lat temu. Były to rury DN1400- największa zastosowana wówczas na świecie średnica, o grubości ścianki 16.5mm, w gatunku X65. Była to wówczas „najwyższa światowa półka”.

Należy zauważyć, że jeśli gatunek L485MB (X70) stał się dzisiaj dość powszechny, jest wręcz najczęściej stosowanym gatunkiem dla dużych średnic – szczególnie od DN800, to jest on raczej granicznym jeśli chodzi o wytrzymałość stali. Na razie nie sprawdzają się przepowiednie o powszechnym wejściu stali L550MB(X80) czy L620MB(X90), mimo iż już w latach osiemdziesiątych zbudowano odcinki gazociągów ze stali X80 np. 56 km gazociągu DN 1200 Werne - Wetter w Niemczech. Pewna amerykańska firma robiła porównanie kosztów rurociągu morskiego DN 1000 o długości 500 mil wykonanego ze stali X80 w porównaniu do takiego samego ze stali X65 i okazało się, że przy zastosowaniu rur X80 oszczędza się 7,5%. Jednak nie ma jeszcze parcia rynku na to, by powszechnie stosować mocniejsze stale.

Nawet głośny medialnie z gazociągów – gazociąg północny Nord Stream Pipeline: Rosja-Niemcy przez Bałtyk, zaczął być budowany ze stali X70 zgodnie z DNV Offshore Standard OS-F101, średnica DN1200, grubość ścianek  $t = 30-45\text{mm}$ .



Nowa wersja normy europejskiej EN 10208-2, określającej wymagania dla rur na rurociągi przesyłowe płynów palnych, której „final draft” został opracowany w lipcu tego roku, dalej podaje jako najmocniejszy gatunek stali na rury – L550 czyli X80.

Jednak producenci są przygotowani do produkcji rur ze stali o wyższych granicach plastyczności, od pewnego już czasu takie gatunki, na razie nie w dużych ilościach ale wytwarzają. Są to stale X100 oraz X120.

Stal X100 o strukturze bainitycznej o zawartości węgla  $C_{max} = 0,06$ , ekwiwalencie węgla  $Ce = 0,48$  i minimalnej granicy plastyczności  $Re = 710$  MPa.

Stal X120 dla której nie zostały jeszcze jednoznacznie określone kryteria normatywne, ale istotne parametry to  $C = 0,035-0,05$ ;  $Ce = 0,5-0,55$  oraz  $Re_{min} = 827$  MPa. Rury z tej stali, pierwszy raz były spawane - automatycznie już w 2004 roku.

Podaję tu parametry stali bardzo ważne przede wszystkim dla inżyniera spawalnika, który niezależnie od tego, czy jest to rura w gatunku X100 czy też mniej wytrzymała np. X60, to musi opracować technologię spawania gwarantującą optymalną jakość połączenia, gdzie słowo jakość rozumiemy jako konglomerat bardzo wielu cech, które powinna spełnić spoina. Bo efektem spawania jest spoina, która ma mieć własności nie gorsze niż materiał, który łączymy. A powinniśmy mieć świadomość, że spoina musi przenosić nieraz bardzo wysokie obciążenia. Spoina często wykonywana jest w ekstremalnych warunkach i nie podlega żadnym specjalnym zabiegom cieplno – plastycznym, regulowanemu chłodzeniu itd. jak np. blacha w hucie, a obciążenia przenosi takie same.

Powyższe słowa są ważne, by zrozumieć istotę i trudności związane z technologią spawania. A samo spawanie, w tej prawie współcześnie rozumianej wersji ma już około 120 lat, bo właśnie w latach osiemdziesiątych XIX wieku opatentowano w Anglii spawanie elektrodą węglową.

Niektóre metody spawania – choć mają już sto lat, są z powodzeniem stosowane do dzisiaj, również przy budowie rurociągów – patrz patent na elektrody otulone Oskara Kjellberga z 1907 roku.

Spawanie to najogólniej i najprościej mówiąc - uzyskanie trwałego połączenia przez miejscowe stopienie łączonych elementów metalowych, zazwyczaj przy użyciu dodatkowego spoiwa. Źródłem ciepła w większości metod spawania jest łuk elektryczny.

Wybierając najlepsze rozwiązanie technologiczno-cenowe trzeba brać pod uwagę:

1. długość projektowanego rurociągu
2. czas przewidziany na jego wykonanie
3. średnicę
4. grubość ścianki
5. charakterystykę terenu (płaski, górzisty)
6. warunki klimatyczne (temperatura, wilgotność)
7. jaką wyspecjalizowaną kadrą dysponujemy

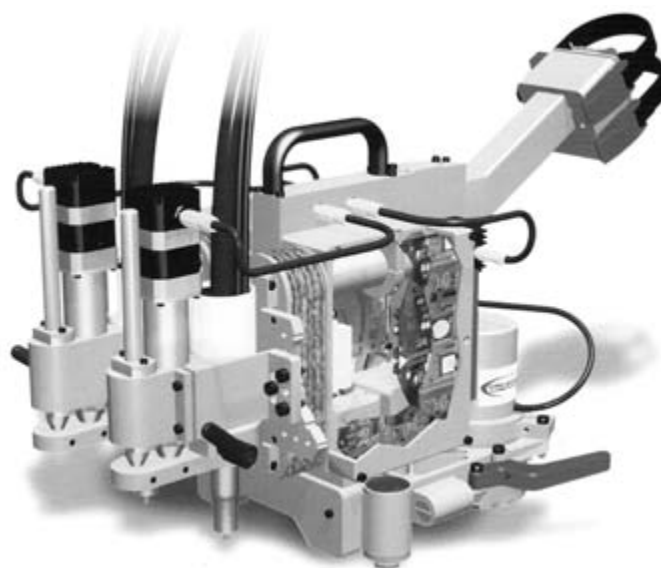


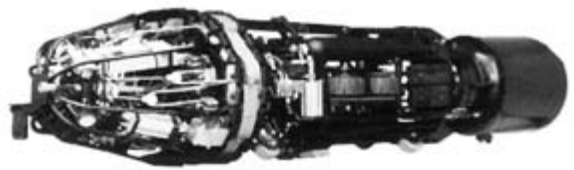
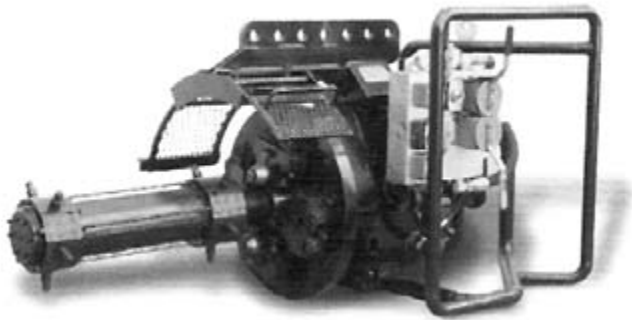
Jeśli chodzi o sposoby spawania rurociągów przesyłowych, to można je podzielić następująco:

1. spawanie ręczne
2. spawanie półautomatyczne
3. spawanie automatyczne

Określane w skrócie jak MMAW(MMA) lub w systemie numerycznym 111 – spawanie ręczne elektrodami otulonymi. Klasyka przy spawaniu rurociągów. Stosuje się elektrody celulozowe, które z powodzeniem można stosować do stali L485MB (X70) włącznie oraz niskowodorowe elektrody o otulinie zasadowej. Można spawać warstwę przetopową i warstwy wypełniające. Zaletą to prostota metody. Wadą jest niewielka wydajność – max. 1,7 kg/h oraz brak ciągłości procesu spawania. Metoda ta jest nadal popularna i szeroko stosowana.

Spawanie topliwą elektrodą metalową w osłonie gazów ochronnych – GMAW lub odmiana PGMAW (metoda 135). Półautomatyczna metoda spawania drutem litym





lub rdzeniowym (metoda 136 – pierwsze zastosowania już w latach 60 tych), służy przede wszystkim do spawania ściegów wypełniających. Przy użyciu specjalnych źródeł prądu z odpowiednim dozowaniem energii (STT) można wykonywać też przetopy – z bardzo dobrą jakością - w pozycji „z góry na dół”- PG.

Na ściegi wypełniające można też używać drutów rdzeniowych samoosłonowych, nie wymagających dodatkowej osłony gazowej – FCAW- metoda 114.

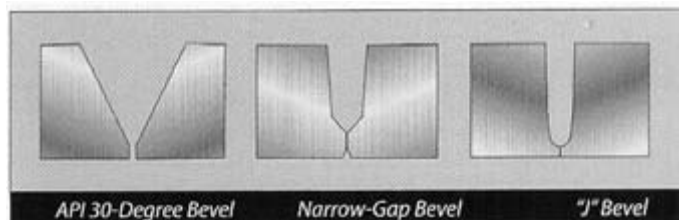
Wydajność dla drutów litych to ok. 3kg/h zaś dla drutów rdzeniowych – ok. 3,5 kg/h.

Wykorzystuje się metodę spawania w osłonie gazów ochronnych. Stosuje się wyposażenie, w którego skład wchodzi: ukosowarka do końców rur, odpowiedni centrator wewnętrzny, zasilanie, źródła prądu spawania, bieżnie, głowice spawalnicze oraz system sterowania. Jest to najbardziej wydajne spawanie, wysokojakościowe, dające powtarzalne spoiny.

Szacuje się, że spawanie automatyczne zaczyna być opłacalne dla długości rurociągu od ok. 30 km i należy tu też uwzględnić warunki terenowe.

Stosuje się dwie metody spawania automatycznego:

- spawanie wewnętrzne – stosuje się specjalny centrator z głowicami spawalniczymi wykonującymi przetop od środka rury. Stosowane dla rur od DN600. Liczba głowic zależy od średnicy rury i wymaganej wydajności i przykładowo dla rury DN900 (36”) jest to zazwyczaj 8 głowic wykonujących przetop w niecałą minutę. Ściegi wypełniające spawa się automatycznie od zewnątrz



metodą GMAW, PGMAW lub FCAW – dwiema głowicami – jeden lub dwa palniki na każdej.

- spawanie zewnętrzne – przetop wykonywany od zewnątrz metodą GMAW lub PGMAW przy użyciu specjalnego centratora wewnętrznego z podkładkami miedzianymi. Jednak nie przez wszystkich inwestorów spawanie na takich podkładkach jest dopuszczone. Można wtedy wykonywać przetop automatycznie przy pomocy źródeł STT bez podkładki możliwe już od średnicy DN150.

Spawanie automatyczne rur to nie jest ostatni krzyk mody, oczywiście w międzyczasie zmieniło się wyposażenie, ale pierwsze użycie automatów to 1969 rok.

Często łączy się różne sposoby spawania np. pół-automatycznie wykonuje się przetop, a automatycznie wypełnienie.

Metoda TIG (GTAW) – oznaczenie numeryczne: 141. Bardzo dobra jakościowo, jednak wolna i droga. Dla dużych średnic rurociągów ma zastosowanie do wykonywania przetopów spoin montażowych i w naprawach. Natomiast powszechnie stosowana do spawania małych średnic rur. Spawa się ręcznie lub orbitalnie automatycznie zwykłym lub tzw. "gorącym drutem".

Czyni się próby powszechniejszego wykorzystania, nie tylko do specjalnych aplikacji, skoncentrowanych źródeł energii zamiast klasycznego łuku elektrycznego, czyli zastosowania spawania laserowego lub wiązką elektronów. W zakresie spawania rurociągów przesyłowych zostało to zrealizowane.

W 2007 roku został opatentowany laserowy system spawania rur dużych średnic w terenie.

Końce rur wymagają dokładnej obróbki na „I”, spoina – bardzo wąska, powstaje bez materiału dodatkowego (spoina). Według twórców, dla rury DN1000 (40”), o grubości ścianki  $t = 16\text{mm}$  - czas spawania pełnego obwodu wyniesie 2,5min, czyli prędkość spawania  $V = 1,25\text{m/min}$ !

Jeśli potwierdzi się to w praktyce, a urządzenie zda egzamin w warunkach polowych, to byłoby to swego rodzaju rewolucja.

Czy taka, bądź podobna metoda będzie przyszłością w spawaniu rurociągów przesyłowych?

Życie w najbliższych latach da nam odpowiedź. Śmiem twierdzić, że jeszcze przez wiele lat, pracy na rurociągach dla dobrych, klasycznych spawaczy nie zabraknie.

**Dariusz Chromik**, Główny Spawalniki BUG Gazobudowa Sp. z o.o. w Zabrze, Członek Komitetów Technicznych Polskiego Komitetu Normalizacyjnego: nr 165 do spraw technologii spawalniczych, nr 166 do spraw jakości w spawalnictwie, nr 126 do spraw rur stalowych, egzaminator i auditor Ośrodka Certyfikacji Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach.