

Pipelining with Precision: Mechanized Welding that Consistently Meets the Challenging Needs of the Canadian Pipeline Industry

By Chris Penniston, P.Eng.,
Welding and Materials Engineer,
RMS Welding Systems

The Canadian pipeline industry has long been a global leader in technological innovation, and this is particularly true for welding. The drivers for this innovation, making high productivity essential, include: a majority of projects in remote locations and traversing long distances, with few road and railway crossings; short construction seasons, with harsh weather conditions during winter construction; and limited skilled labour availability. Mechanized welding was first implemented on a Canadian pipeline project more than 40 years ago,¹ and since then, has become the industry standard for long distance (>25 km) large diameter (>NPS 30) pipelines.

continued on page 14





Figure 1 – A mechanized welding pipeline spread.

Figure 1 – Tronçon de canalisation soumis au soudage mécanique.

Pose précise des canalisations : le procédé de soudage mécanisé qui répond toujours aux besoins évolutifs de l'industrie canadienne des canalisations

Par Chris Penniston, ing.,
Soudage et matériaux, *RMS Welding Systems*

L'industrie canadienne des canalisations est depuis longtemps le chef de file mondial en matière d'innovation technologique, et cela est d'autant plus vrai pour le domaine du soudage. Les moteurs de ces innovations qui rendent essentielle la haute productivité consistent, en grande partie, en ce qui suit : des projets qui, pour la plupart, sont réalisés dans des régions éloignées qui s'étendent sur de longues distances et qui comptent très peu de routes et de passages à niveau; des courtes saisons de construction donnant droit à des conditions climatiques difficiles en hiver; et la pénurie d'ouvriers qualifiés. Le soudage mécanisé a été mis en œuvre pour la première fois sur une canalisation installée en sol canadien il y a environ 40 ans¹, et depuis lors, il est devenu la norme de l'industrie pour le soudage de canalisations de grand diamètre (> NPS 30) parcourant de longues distances (> 25 km).

suite à la page 15



Figure 2 – An internal welding machine (IWM) being moved.

Figure 2 – Déplacement d'une machine de soudage interne (IWM).

continued from page 12

Typically, manually welded pipelines are constructed using the “stovepipe” technique, which features quick downward progression using cellulosic shielded metal arc welding (SMAW) electrodes. This technique features high deposition rates and productivity, and is particularly useful for its ability to key-hole, which permits external root pass deposition. However, careful control of the process is required, as cellulosic consumables contain a high level of hydrogen, at about 40–65 ml per 100 g of weld metal², compared to the generally less than 5 ml/100 g³ for the gas metal arc weld (GMAW) process used for the majority of mechanized mainline welding.

Hydrogen-assisted cold cracking (HACC) occurs with a critical combination of local weld and HAZ microstructure susceptibility, tensile stress, and hydrogen content.⁴ Although the control mechanisms to prevent this type of failure have been well understood for decades, they still occur.⁵ In addition, factors such as cold weather make mitigation of this condition more challenging. Therefore, reducing the amount of hydrogen introduced into a weld is a clearly prudent choice for preventing HACC occurrence.

Girth welds on pipelines constructed to Canadian Standard CSA Z662 *Oil and gas pipeline systems* must meet rigorous requirements for mechanical properties and quality. Underlying factors for this include high design factors, and large stresses resulting from line installation. For projects employing mechanized welding, because of the high level of parameter control enabled by the technology, project-specific acceptance criteria can be determined using engineering critical analysis (ECA). An ECA takes into account details including: wall thickness; grade; diameter; design stresses; weld metal (WM) and heat affected zone (HAZ) properties; and the technique of the non-destructive examination (NDE) method used. This ensures the defined quality requirements are based upon sound principles, customized for the particular project.

Critical tests underlying the ECA include: transverse-to-weld tensile tests, with reinforcement removed, ensuring a joint yield strength meeting or exceeding the requirement for the material grade; and an extensive number of weld metal and HAZ crack tip opening displacement (CTOD) tests, a conservative test based

upon true fracture mechanics principles, which determines a material microstructure’s local resistance to fracture. Typically, in addition to these Z662 code requirements, Owner Company specifications require tests which may include: Charpy V-notch testing, a well-established test that, while not truly a fracture mechanics test like the CTOD test, provides further assurance of resistance to fracture; and hardness testing, providing assurance the weld procedure doesn’t produce delayed-cracking-susceptible microstructures.

Mechanized mainline girth welding

A brief description of the mechanized mainline welding sequence is presented, but rather than explain the pipeline “spread” (See Figure 1) production sequence in detail, this discussion aims to discuss technical advancements in fill and cap pass welding, where the majority of weld metal deposition is accomplished. Two styles of clamp are presented: an RMS internal weld machine (IWM) is shown in Figure 2 and Figure 3, and a copper backup (CBU) clamp is shown in Figure 4. It is the IWM or clamp that sets fit-up (Figure 5)

continued on page 17

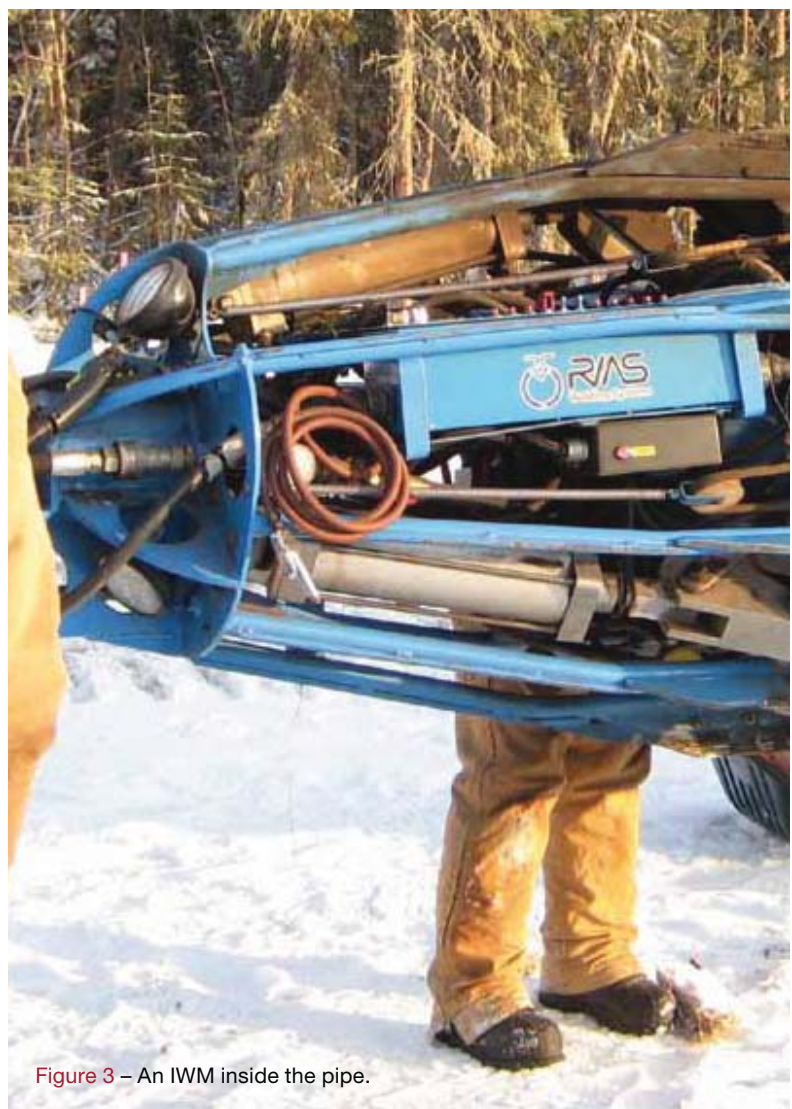


Figure 3 – An IWM inside the pipe.

Les canalisations qui sont soudées manuellement sont normalement fabriquées au moyen de la technique du « tuyau de poêle » caractérisée par une progression descendante rapide avec des électrodes SMAW celluloses. Cette technique, qui procure des taux de dépôt élevés et qui assure une haute productivité, est particulièrement utile pour sa capacité de fonctionner en mode « trou de serrure » qui permet d'effectuer des dépôts de passe à la racine de l'extérieur. Par contre, le soudeur doit être en mesure de bien maîtriser ce procédé en raison de la haute teneur en hydrogène des électrodes celluloses, soit d'environ 40 à 65 ml par 100 g de métal fondu², comparativement à la teneur généralement inférieure de 5 ml/100 g³ pour le procédé GMAW, qui est surtout utilisé pour le soudage mécanisé des canalisations principales.

La fissuration à froid par l'hydrogène (HACC) survient lorsqu'une soudure locale et la susceptibilité à la fissuration d'une microstructure dans la zone affectée par la chaleur se combinent à un effort de traction et à la teneur en hydrogène pour créer un état critique.⁴ Même si les mécanismes de contrôle visant à prévenir ce type de défaut sont bien connus depuis des dizaines d'années, la fissuration demeure une réalité⁵, et certains facteurs comme le temps froid rendent l'atténuation de cet état encore plus difficile, de sorte que la réduction de la quantité d'hydrogène qui est introduite dans

une soudure est manifestement un choix prudent pour prévenir la fissuration à froid par l'hydrogène.

Les soudures circulaires réalisées sur des canalisations fabriquées en vertu de la norme canadienne CSA Z662, *Réseaux de canalisations de pétrole et de gaz* doivent satisfaire à des exigences rigoureuses relatives aux propriétés mécaniques et à la qualité, dont les facteurs sous-jacents comprennent une conception de grande qualité et les fortes contraintes provoquées par la pose de la canalisation. Pour les projets faisant appel au soudage mécanisé, il est possible de déterminer les critères d'acceptation propres au projet en question en employant la méthode d'évaluation technique critique grâce au haut niveau de contrôle des paramètres offert par cette toute récente technologie. Cette méthode d'évaluation tient compte de détails tels que l'épaisseur de paroi, la nuance, le diamètre, les contraintes de calcul, le métal de soudure, les propriétés de la zone affectée par la chaleur et la méthode d'examen non destructif (END) utilisée. Cela permet d'assurer que les exigences de qualité définies sont fondées sur des principes solides conçus expressément pour un projet particulier.

Parmi les épreuves critiques qui sous-tendent la méthode d'évaluation technique critique, on retrouve les essais de traction perpendiculaires à l'axe de la soudure sans armature, assurant ainsi que la limite d'élasticité de l'assemblage respecte ou dépasse l'exigence relative à la qualité du matériau, un grand nombre de dépôts et un essai d'écartement critique à la racine de la fissure dans la zone affectée par la chaleur. Cet essai conservateur est fondé sur les véritables principes de la mécanique des fractures qui déterminent la résistance locale à la fracture de la microstructure d'un matériau. Outre les exigences stipulées dans la norme CSA Z662, les spécifications de l'entreprise propriétaire exigent certains essais, notamment l'essai Charpy V, un essai bien établi servant à procurer une assurance supplémentaire de la résistance à la fracture du matériau même s'il ne s'agit pas vraiment d'une mécanique des fractures comme l'essai d'écartement critique à la racine de la fissure, et l'essai de dureté, qui donne l'assurance que le mode opératoire de soudage ne produit aucune microstructure vulnérable à la fissuration différée.

Soudures circulaires réalisées sur des canalisations principales par des procédés mécanisés

Nous présentons une brève description de la séquence de soudage mécanisé d'une canalisation principale, mais plutôt que d'expliquer en détail la séquence de pose d'un tronçon de canalisation (voir la figure 1), cet article mettra l'accent sur les progrès techniques en matière de soudage de passes de remplissage et de passes supérieures à l'endroit où la soudure est surtout déposée. Nous présenterons également deux systèmes de fixation, soit la machine de soudage interne (IWM) de RMS, illustrée aux figures 2 et 3, et la bride de fixation du support en cuivre, illustrée à la figure 4. Ces deux types de systèmes de fixation déterminent l'ajustage (figure 5) et permettent le soudage de la passe à la racine, de l'intérieur avec la machine et de l'extérieur avec la bride. Une passe chaude externe – dont la principale fonction est d'assurer une pénétration transversale entre la passe exécutée de l'intérieur et de l'extérieur pour les soudures associées à la machine – est ensuite exécutée. Quant aux soudures modernes associées à la bride, la passe chaude est effectuée en même temps que la passe à la racine, ce qui augmente la quantité de dépôt de la première passe du chariot. Des passes de remplissage sont ensuite appliquées jusqu'à ce que le joint soit presque affleuré avec la surface du diamètre extérieur de la canalisation; le joint est ensuite rempli au moyen d'un cordon supérieur (figures 6 et 7). La géométrie du joint est spécialement conçue pour le type de fixation, la stratégie de dépôt et la combinaison qualité/épaisseur de paroi/

suite à la page 17



Figure 3 – Machine de soudage interne placée à l'intérieur d'une canalisation.



Figure 4 – A copper backup (CBU) clamp.

Figure 4 – Bride de fixation du support en cuivre.

continued from page 14

and accomplishes welding of the root pass, internally for the IWM and externally for the CBU clamp. An external “hot pass” is then applied, whose primary function is to achieve cross penetration between the internally and externally applied pass for IWM welds, and for modern CBU welds, the hot pass is performed simultaneously to the root pass, increasing the deposition of the carriage’s first pass. Following this, fill passes are applied until the joint is nearly flush with the pipe outer diameter surface, then the joint is finished by capping (Figure 6 and Figure 7). The joint design is specifically designed for the clamp style, deposition strategy and for the grade/wall thickness/diameter combination, using a J or compound narrow bevel preparation in order to reduce joint completion time and associated equipment requirements, typically with a bevel angle of 5 or more degrees where the fill passes are deposited (Figure 8). Bevels are prepared on site, ahead of the pipeline spread (Figure 9).

Through the years, mechanized welding has primarily been accomplished using single torch, short circuiting gas metal arc welding (GMAW-S), although some use of pulsed GMAW (GMAW-P) had been trialed since around 1990.⁶ With the

continued on page 19

suite de la page 15

diamètre. Une préparation étroite en J ou composée est utilisée afin de rendre moins rigoureuses les exigences relatives au temps d’achèvement du joint et à l’équipement connexe; l’angle de préparation est généralement de 5 degrés ou plus là où les passes de remplissage sont déposées (figure 8). Les préparations sont effectuées sur le terrain avant la pose des canalisations (figure 9).

Au fil des ans, le soudage mécanisé s’effectue généralement au moyen du procédé GMAW-S (soudage à l’arc sous gaz avec fil plein avec transfert par courts-circuits), même si le procédé GMAW-P (soudage à l’arc pulsé sous gaz avec fil plein) est utilisé à titre d’essai depuis l’année 1990.⁶ L’introduction, en 1998, de sources de courant GMAW-P à inverseur haute fréquence commandées par des processeurs de signal numériques⁷ a permis de faire un grand bond en avant dans le domaine du soudage de canalisations. Ces nouveaux systèmes d’alimentation électrique offraient un contrôle de paramètres sans précédent, une rapidité de réaction, une puissance de sortie stable, une flexibilité au niveau de la programmation, une capacité de synchronisation, un excellent contrôle du transfert de métal et une bonne stabilité de l’arc.

Le procédé GMAW-P a été commercialisé dans les années 1960⁸. Depuis, plusieurs configurations de matériel de rendements et de capacités variables ont été lancées sur le marché, mais les principes du mode de transfert « d’une goutte par pulsation » optimal demeurent inchangés. Essentiellement, le courant de crête est appliqué cycliquement, c’est-à-dire que le courant de base

suite à la page 19

continued from page 17

introduction of digital signal processor (DSP) controlled high frequency inverter GMAW-P power sources in 1998,⁷ an opportunity for an evolutionary leap in pipeline welding was made possible. These new power sources exhibited unprecedented parameter control, fast response, stable power output, flexible programmability, synchronization capability, and excellent arc stability and metal transfer control.

GMAW-P was first introduced commercially in the 1960s.⁸ Several hardware configurations have been made available over the years, with varying levels of performance and capability. However, the principles of optimal “one drop per pulse” metal transfer remain the same. Essentially, peak current is cyclically applied, with background current applied in between to keep the circuit active. An argon rich shielding gas is required for pulse and spray welding, because of Argon’s low ionization potential.⁹ Metal transfer is characterized as “drop spray” transfer, which is a free flight transfer mode. The peak current is sufficient to not only provide an electro-magnetic pinching force helping droplet detachment, but also to assure an adequate level of droplet energy for a high probability of fusion. Meanwhile, time at background current keeps overall heat input down, making the weld pool controllable and suitable for positional welding, and keeping dilution of the base material low. Additionally, GMAW-P enhances weld metal strength and reduces HAZ toughness degradation, because the weld and HAZ spend less time at elevated temperatures, and cool relatively quickly compared to GMAW-S for a given energy input.

All welding arcs have an associated electromagnetic (EM) field. When two or more arcs are in proximity to each other, undesired arc behaviour, such as wandering or extinction, may occur. While dual-torch GMAW-S was successfully

continued on page 21



Figure 5 – Fitup being set between two pipes.

Figure 5 – Ajustage effectué entre deux canalisations.

suite de la page 17

est appliqué entre chaque courant de crête afin de maintenir le circuit actif. Un gaz protecteur riche en argon est requis pour les procédés de soudage par pulsation et par pulvérisation en raison du faible potentiel d’ionisation de l’argon⁹. Le transfert de métal se caractérise par le « transfert en pluie des gouttelettes », qui constitue un mode de transfert en vol libre. Le courant de crête est suffisant non seulement pour fournir une force de pincement électromagnétique qui aide à détacher les gouttelettes, mais aussi pour procurer le niveau adéquat d’énergie associée aux gouttelettes afin d’assurer une haute probabilité de fusion. Dans l’intervalle, le cycle du courant de base aide à maintenir bas l’apport de chaleur global, ce qui permet de limiter le bain de fusion, de rendre le procédé apte au soudage positionnel et de maintenir faible la dilution du matériau de base. Le procédé GMAW-P rehausse aussi la résistance du métal fondu et ralentit la dégradation de la ténacité de la zone affectée par la chaleur, car la soudure et la zone passent moins de temps à des températures élevées et se refroidissent relativement vite par rapport au procédé GMAW-S pour un apport énergétique donné.

suite à la page 21

Figure 6 – Weld shacks lined up.

Figure 6 – Cabanes de soudage alignées.





Figure 7 – Dual torch welding, view from inside a weld shack.

Figure 7 – Soudage à deux chalumeaux vu de l'intérieur de la cabane de soudage.

continued from page 19

commercialized for on and offshore pipelines in the 1990s,¹⁰ it was the implementation of the newer GMAW-P power sources that allowed the rapid proliferation and adoption of dual wire welding technology for onshore pipelines. This was due to the synchronization capability of the power sources, which ensured that EM interactions were kept to a minimum when using a properly designed waveform, such that when one wire is at peak current, the other is at background current.

Shortly following its introduction in the pipeline industry in the early to mid-2000s, dual torch synchronized GMAW-P quickly became the modern standard in Canada. The RMS MOW II (Mechanized Orbital Welder II) employs this technology in a durable package, and has been used for welding close to 2,000 km of installed large diameter pipe since its first use in 2006. It is a multi-microprocessor controlled welding bug with capability to change any aspect of the weld parameters at different positions around the pipe, as required. Fully integrated with the welding power sources, it uses weld circuit feedback for through-the-arc control of torch height, extent of sidewall melting, and weave width based on joint conditions. The tracking protocols continuously monitor the arc, using those signals to

continued on page 22

suite de la page 19

Tous les arcs de soudage comportent un champ électromagnétique associé. Quand au moins deux arcs sont proches l'un de l'autre, cela peut donner lieu à des situations indésirables comme un arc errant ou éteint. S'il est vrai que le procédé GMAW-S à deux chalumeaux a été commercialisé avec succès pour les canalisations terrestres et extracôtées dans les années 1990¹⁰, ce fut l'implantation de sources de courant GMAW-P plus récentes qui a entraîné la prolifération et l'adoption rapides des techniques de soudage à deux fils-électrodes pour les canalisations extracôtées. Cela s'explique par la capacité de synchronisation des sources de courant, laquelle permettait de maintenir au minimum les interactions électromagnétiques si la forme d'onde utilisée avait été conçue correctement, c'est-à-dire que lorsqu'un fil est au courant de crête, l'autre est au courant de base.

Peu de temps après son introduction dans l'industrie des canalisations dans la première moitié des années 2000, le procédé GMAW-P synchronisé à deux chalumeaux est vite devenu la norme moderne au Canada. La machine à souder mécanisée orbitale MOW II de RMS, utilisée pour la première fois en 2006, emploie cette technologie dans un emballage durable; depuis, elle a servi au soudage de près de 2 000 km de canalisations de grand diamètre déjà posées. Ce « bug » de soudage commandé par microprocesseur peut modifier n'importe quel aspect des paramètres de soudage à différentes positions autour de la canalisation, selon les besoins. Complètement intégré aux sources

suite à la page 23

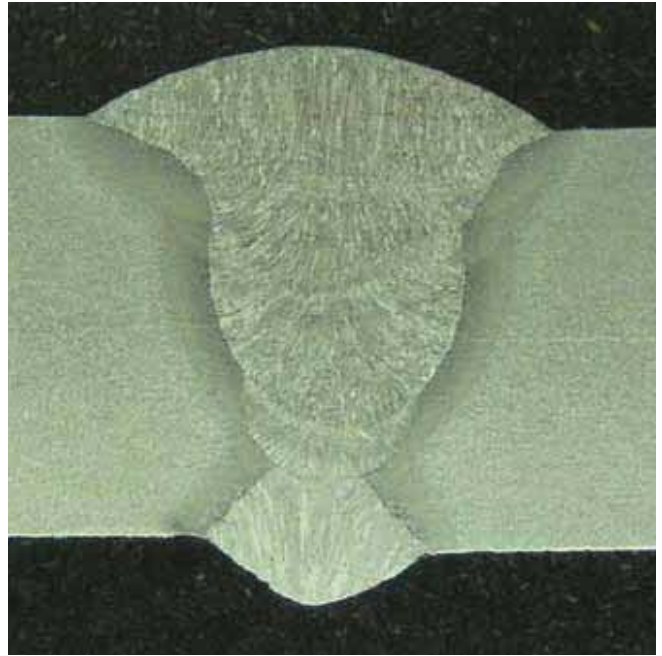


Figure 8 – Cross section of a typical mechanized GMAW-P girth weld. Note the narrow bevel.

Figure 8 – Section transversale d'une soudure circulaire typique réalisée avec le procédé GMAW-P mécanisé. Remarquez la préparation étroite.

continued from page 21

control torch positioning and weaving on-the-fly. This enables the arc parameters to stay in a field-proven process window, ensuring a consistent level of sidewall penetration at both joint faces, despite inevitable variations in joint fit-up. Incorporating pendulum weaving with high oscillation frequency capability, a high probability of fusion is assured. When using built-in tracking, the welding operator observes the welding, controlling start and end locations, and fine tuning torch positioning and weaving as required. The automation of several of the aspects of pipeline girth welding not only reduces the high demands placed on the welding operators, allowing him or her to focus on the prime task of assuring adequate sidewall fusion, but also enables higher repeatability between different operators, and lowers re-work.

Mechanized tie-ins

The benefits of digitally controlled bugs like the MOW II extend beyond the mainline girth welds described above, where fit-up is typically within a fairly consistent window. These systems are capable of producing high quality “tie-in” welds, which connect segments of mainline pipe to each other, or to buried crossings (Figure 10). Tie-ins are prone to greater variations in fit-up, as one pipe end is cut to the appropriate length, which rules out the use of the machined narrow-gap preparations used on mainline welds, unless a tie-in specific pipe end preparation machine was used. For tie-ins, a rutile (Titanium oxide) type gas-shielded flux core arc weld (FCAW-G) is employed. The high melting temperature of the flux results in a slag that physically supports the weld puddle, allowing weaved weld progression in the upward direction (Figure 11).

continued on page 25

de courant de soudage, il utilise la rétroaction du circuit de soudage pour commander, à travers l'arc, la hauteur du chalumeau, l'étendue de la fusion de la paroi latérale et la largeur du cordon déposé en oscillant en fonction de l'état des joints. Les protocoles de suivi surveillent constamment l'arc au moyen de signaux en vue de contrôler le positionnement des chalumeaux et l'oscillation à la volée. Cela permet de maintenir les paramètres de l'arc à l'intérieur d'une fenêtre de procédé éprouvée sur le terrain et d'assurer ainsi un niveau constant de pénétration latérale aux deux bords du joint et ce, malgré les variations inévitables de l'ajustage. L'intégration de l'oscillation de la pendule à une capacité de fréquence à oscillation élevée assure une excellente probabilité de fusion. Lorsque le suivi est intégré, l'opérateur de machine à souder observe l'opération de soudage en déterminant les emplacements du début et de la fin et en réglant précisément le positionnement du chalumeau et l'oscillation, le cas échéant. Non seulement l'automatisation de plusieurs aspects du procédé de soudage de soudures circulaires réalisées sur des canalisations réduit-elle les fortes demandes auprès des opérateurs, mais elle lui permet aussi de se concentrer sur sa principale tâche, soit d'assurer une fusion latérale adéquate. Cela donne lieu aussi à une plus grande reproductibilité entre les différents opérateurs et réduit le nombre de reprises.

Soudures de raccordement mécanisées

Les avantages offerts par les « bugs » commandés numériquement comme le MOW II s'étendent au-delà des soudures circulaires décrites ci-dessus, où l'ajustage est typiquement à l'intérieur d'une fenêtre sensiblement cohérente. Ces systèmes sont en mesure de produire des soudures « de raccordement » de haute qualité qui raccordent des tronçons de canalisation principales ensembles ou aux points de passage enterrés (figure 10). Les soudures de raccordement sont plus enclines aux plus grandes variations de l'ajustage, car l'une des extrémités de la canalisation est coupée à la longueur appropriée, et cela élimine le besoin d'utiliser des préparations à écartement étroit usinées utilisées sur les soudures de canalisations principales, à moins qu'une machine de préparation d'extrémité de canalisation propre aux soudures de raccordement ait été employée. Le procédé de soudage à l'arc avec fil fourré à protection intrinsèque (procédé FCAW-G) avec une électrode au rutile (oxyde de titane) sert à exécuter les soudures de raccordement. La haute température de fusion du flux occasionne la formation de laitier qui supporte physiquement le bain de métal fondu et permet la progression oscillante de la soudure vers le haut

suite à la page 25



Figure 9 – End preparation machine bevelling a pipe end.

Figure 9 – Machine de préparation chanfreinant l'extrémité de la canalisation.



Figure 10 – A shack being placed for execution of a mechanized FCAW-G tie-in weld.

Figure 10 – Placement d'une cabane en vue de l'exécution d'une soudure de raccordement à l'aide du procédé FCAW-G mécanisé.

continued from page 22

By the use of an upward progression, sidewall fusion is assured and undercutting is reduced because of increased solidification time, resulting in high deposition rates with excellent weld cohesion and low probability of lack of fusion defects. While a loss of strength, as compared to rated strength, has been reported for semi-automatic FCAW-G welds,¹¹ this is a smaller concern with mechanized welding, as a lower bound travel speed is locked in. Because of this, heat inputs cannot become excessive, and strength and toughness are not degraded. Alternatively, if high per-pass deposition is desired, this can be accommodated and appropriately qualified, with parameter controls in the field ensuring properties closely matching the qualified weld. Additionally, FCAW-G consumables can be selected with low hydrogen ratings, with a common designation being H8, signifying an expected soluble hydrogen level of 8 ml per 100 g of weld metal, much lower than the traditionally used cellulosic consumables.

Mechanized tie-in welds have been proven on a variety of orbital welding systems. However, its adoption on projects has

continued on page 27

suite de la page 23

(figure 11). Le soudage vers le haut assure la fusion latérale et réduit les caniveaux en raison des temps de solidification plus longs, ce qui donne lieu à des taux de dépôt plus élevés, assure l'excellente cohésion de la soudure et rend peu probable les défauts de manque de fusion. Bien qu'une perte de résistance par rapport à la résistance prévue ait été notée pour les soudures exécutées au moyen du procédé FCAW-G semi-automatique¹¹, cela est moins inquiétant dans le cas du soudage mécanisé, car une vitesse d'avance obligatoire plus basse est préprogrammée. Voilà pourquoi les apports de chaleur ne peuvent pas devenir excessifs et que la résistance et la ténacité ne sont pas dégradées. Par ailleurs, si un dépôt élevé est requis pour chaque passe, celui-ci peut être rendu possible et convenablement qualifié en contrôlant les paramètres sur le terrain en vue d'assurer que les propriétés correspondent de près à la soudure qualifiée. On peut aussi sélectionner des produits d'apport FCAW-G à faible teneur en hydrogène et ayant une désignation commune de H8, ce qui signifie que la teneur en hydrogène soluble de 8ml par 100 g de métal fondu prévue est beaucoup plus faible que celle des électrodes cellulosiques traditionnellement utilisées.

Les soudures de raccordement mécanisées ont été éprouvées sur divers systèmes de soudage orbitaux, mais leur adoption est restée limitée en raison de

suite à la page 27



Figure 11 – A mechanized FCAW-G tie-in being welded.

Figure 11 – Réalisation d'une soudure de raccordement à l'aide du procédé FCAW-G.

continued from page 25

been limited. Influencing factors for this include the following: wall thicknesses are often small enough to where the overall tie-in process time is dominated by fit-up, rather than welding; an insufficient level of experience in using the technique, leading to cost estimation uncertainty for the prime contractor; compared to SMAW, more ancillary equipment is required, like a side boom to mount the shack on the weld joint, etc.; and additional preparation is required, like requiring a larger “bell hole” to be dug at the tie-in location (Figure 10). That being said, with heavier wall thicknesses, the time savings make mechanized tie-ins the economical choice. For locations and construction season combinations where significant ground water is expected, selecting a FCAW-G tie-in weld procedure can give the welders a dry solid floor to stand on, and with an appropriate consumable, can eliminate the need to keep the bell hole dry for time-delayed nondestructive inspection, which, depending on Owner Company specifications, may be

continued on page 28

suite de la page 25

certain facteurs déterminants, y compris les parois assez minces, un temps de raccordement global beaucoup moins élevé que le temps requis pour l'ajustage, un niveau d'expérience insuffisant pour ceux qui utilisent cette technique engendrant une incertitude de l'estimation des coûts pour l'entrepreneur principal comparé au procédé SMAW, la plus grande quantité d'équipement auxiliaire requise comme les flèches latérales qui servent à monter les cabanes de soudage sur le joint à souder, etc. et la nécessité d'effectuer une préparation additionnelle comme un trou (« bell hole ») plus grand qui doit être excavé près de la soudure de raccordement (figure 10). Cela dit, les soudures de raccordement mécanisées constituent le choix le plus économique qui soit grâce au gain de temps associé aux parois plus épaisses. Quand le lieu et la saison de construction se combinent pour produire d'importantes nappes d'eaux souterraines, le choix d'un mode opératoire de soudage FCAW-G pour réaliser une soudure de raccordement peut accorder aux soudeurs une solide plateforme à partir de laquelle ils peuvent travailler. En utilisant un produit d'apport approprié, le soudeur peut éliminer le besoin de maintenir le trou excavé sec aux fins d'examen non destructif temporisé qui, selon les spécifications de l'entreprise

suite à la page 29

continued from page 27

24, 48, or more, hours after weld completion. Additionally, for higher grades like CSA Z245.1 Grade 550 or 690, the choice of FCAW-G tie-ins may be prudent, as higher grades are considered more susceptible to HACC, due to generally higher carbon equivalent values.

Quality control record keeping

Along with the enhanced level of control and repeatability offered by

mechanized welding, extensive documentation is recorded for each weld produced. This is helpful in that troubleshooting can be approached in a scientific, rather than trial-and-error manner, and it enables low cost and straightforward record-keeping for projects.

Summary

- Mechanized welding features numerous advantages over manual welding methods, and is the established and

proven standard for today's large pipeline projects.

- The benefits of mechanized welding can be utilized for applications beyond the mainline. Rutile flux core arc weld tie-ins, a proven method of tie-in welding, demonstrate this.
- Advances in welding power sources and digitally controlled bugs have enabled significant advances in factors including productivity, quality, repeatability, and mechanical properties. 

Chris Penniston, P.Eng., is a Welding and Materials Engineer at RMS Welding Systems.

References

1. S. Blackman, T. Liratzis, R. Howard, M. Hudson and D. Dorling, "Tandem pulsed gas metal arc welding for X100 pipelines," in *15th Biennial joint technical meeting on pipeline research*, Orlando, 2005.
2. S. A. Blackman, D. V. Dorling and J. Norrish, "Recent Developments in High Productivity Welding Processes for Transmission Pipelines," in *14th Biennial Joint Technical Meeting on Pipeline Research*, Berlin, 2003.
3. S. Blackman, T. Liratzis, R. Howard, M. Hudson and D. Dorling, "Tandem pulsed gas metal arc welding for X100 pipelines," in *15th Biennial joint technical meeting on pipeline research*, Orlando, 2005.
4. M. Cieslak, "Cracking Phenomena Associated With Welding," in *METALS HANDBOOK. VOL. 6. WELDING, BRAZING, AND SOLDERING.*, USA, ASM International, 1993, pp. 241-245.
5. Praxair, "Shielding Gases Selection Manual," Praxair Technology, Inc., USA, 1998.
6. D. V. Dorling, A. Loyer, A. N. Russell and T. S. Thompson, "Gas Metal Arc Welding Used on Mainline 80 ksi Pipeline in Canada," *AWS Welding Journal*, May 1992.
7. H. Hackl, "Digitally controlled GMA power sources," Fronius International GmbH, Wels, Austria.
8. A. F. Manz, O. M. Blodgett and G. D. Uttrachi, "'Those Were the Days' - A trio of experts look at what happened in the world of welding in the 1940s, 1960s, and 1980s," *AWS Welding Journal*, June 2009.
9. M. Fiedler, D. Schafzahl, J. Fischer, G. Posch and W. Berger, "The Dangers Posed by Hydrogen in Welding Un- and Low Alloyed Steels Part 1 - Influence of welding conditions and electrode treatment on hydrogen input in the weld metal when using stick electrodes," Böhler Schweißtechnik Austria GmbH, Austria, 2012.
10. J. Nadzam, F. Armao, L. Byall, D. Kotecki and D. Miller, "Gas Metal Arc Welding Carbon, Low Alloy, and Stainless Steels and Aluminum," The Lincoln Electric Company, Cleveland, 2006.
11. D. Widgery, "Mechanised welding of pipelines," *Svetsaren, the ESAB Welding and Cutting Journal*, vol. 60, no. 1, pp. 23-26, 2005.

propriétaire, pourrait se réaliser au moins 24 ou 48 heures après l'opération de soudage. De plus, pour les aciers ayant une nuance plus élevée comme la nuance 550 ou 690 décrite dans la norme CSA Z245.1, le choix de soudures de raccordement réalisées avec le procédé FCAW-G pourrait s'avérer prudent, car les nuances plus élevées sont considérées comme plus vulnérables à la fissuration à froid par l'hydrogène à cause des valeurs généralement plus hautes de carbone équivalent.

Tenue des dossiers du contrôle de la qualité

Au contrôle plus rigoureux et à la reproductibilité qu'offre le soudage mécanisé s'ajoute l'enregistrement d'une abondante documentation chaque fois qu'une soudure est exécutée, ce qui est utile parce que cela permet de diagnostiquer les problèmes de façon scientifique au lieu d'adopter une approche par essais et erreurs, de réduire les coûts et de simplifier la tenue des dossiers.

Résumé

- Le soudage mécanisé comporte plusieurs avantages par rapport aux méthodes de soudage manuelles et constitue une norme bien établie et éprouvée pour les grands projets de canalisations d'aujourd'hui.
- Les avantages offerts par le soudage mécanisé peuvent être utilisés pour des applications autres que les canalisations principales, ce qui est démontré par les soudures de raccordement réalisées avec le procédé FCAW faisant appel à un fil-électrode au rutile.
- Les progrès sur le plan des sources de courant de soudage et des « bugs » commandés numériquement ont contribué aux importantes avancées en matière de productivité, de qualité, de reproductibilité et de propriétés mécaniques. 

Chris Penniston, ing., Soudage et matériaux, chez RMS Welding Systems.

Références

1. S. Blackman, T. Liratzis, R. Howard, M. Hudson et D. Dorling, Tandem pulsed gas metal arc welding for X100 pipelines, *15th Biennial joint technical meeting on pipeline research*, Orlando, 2005.
2. S. A. Blackman, D. V. Dorling et J. Norrish, Recent Developments in High Productivity Welding Processes for Transmission Pipelines, *14th Biennial Joint Technical Meeting on Pipeline Research*, Berlin, 2003.
3. S. Blackman, T. Liratzis, R. Howard, M. Hudson et D. Dorling, Tandem pulsed gas metal arc welding for X100 pipelines, *15th Biennial joint technical meeting on pipeline research*, Orlando, 2005.
4. M. Cieslak, Cracking Phenomena Associated With Welding, *METALS HANDBOOK. VOL. 6.*

WELDING, BRAZING, AND SOLDERING., USA, ASM International, 1993, pp. 241-245.

5. Praxair, Shielding Gases Selection Manual, Praxair Technology, Inc., USA, 1998.
6. D. V. Dorling, A. Loyer, A. N. Russell et T. S. Thompson, Gas Metal Arc Welding Used on Mainline 80 ksi Pipeline in Canada, *AWS Welding Journal*, mai 1992.
7. H. Hackl, Digitally controlled GMA power sources, Fronius International GmbH, Wels, Austria.
8. A. F. Manz, O. M. Blodgett et G. D. Uttrachi, Those Were the Days - A trio of experts look at what happened in the world of welding in the 1940s, 1960s, and 1980s, *AWS Welding Journal*, juin 2009.
9. M. Fiedler, D. Schafzahl, J. Fischer, G. Posch et W. Berger, The Dangers Posed by Hydrogen in Welding Un- and Low Alloyed Steels Part 1 - Influence of welding conditions and electrode treatment on hydrogen input in the weld metal when using stick electrodes, Böhler Schweißtechnik Austria GmbH, Austria, 2012.
10. J. Nadzam, F. Armao, L. Byall, D. Kotecki et D. Miller, Gas Metal Arc Welding Carbon, Low Alloy, and Stainless Steels and Aluminum, The Lincoln Electric Company, Cleveland, 2006.
11. D. Widgery, Mechanised welding of pipelines, *Svetsaren, the ESAB Welding and Cutting Journal*, vol. 60, n° 1, pp. 23-26, 2005.