Aplicação da soldagem orbital em sistemas de produção da indústria de cosméticos

Autor(res)

Mauro Paipa Suarez
André Luís Lima Mendonça

Categoria do Trabalho

Iniciação Científica

Instituição

FACULDADE ANHANGUERA DE UBERLÂNDIA

Introdução

A indústria de cosméticos exige elevados padrões de higiene, rastreabilidade e continuidade produtiva, especialmente em etapas que envolvem sistemas tubulares e recipientes para formulações líquidas e semissólidas. A soldagem orbital — processo automatizado, normalmente por GTAW/TIG orbital ou variantes mecanizadas — tem se consolidado em setores com requisitos sanitários rigorosos por oferecer soldas repetíveis, baixo nível de contaminação, mínima geração de respingos e controle preciso do aporte térmico. Em tubulações de aço inoxidável utilizadas em linhas de enchimento, transferência e limpeza (CIP/SIP), a integridade das juntas impacta diretamente a qualidade do produto, vida útil do equipamento e custos de manutenção. Estudos e normas técnicas voltadas para aplicações farmacêuticas e alimentícias destacam a preferência por procedimentos automatizados que garantam acabamento interno adequado e documentação de parâmetros. Ainda que a adoção na indústria cosmética seja crescente, há necessidade de avaliar tecnicamente os benefícios, limitações e impactos econômicos da implementação da soldagem orbital em empresas de diferentes portes, considerando aspectos como qualificação de procedimento, inspeção de juntas, controle de descoloração interna e requisitos regulatórios aplicáveis.

Objetivo

Avaliar a aplicabilidade técnica, sanitária e econômica da soldagem orbital em tubulações e equipamentos da indústria de cosméticos, propondo diretrizes de seleção de processos, parâmetros básicos e critérios de aceitação para garantir qualidade e conformidade.

Material e Métodos

Realizou-se revisão bibliográfica de normas, manuais de fabricantes e literatura técnica sobre soldagem orbital em aplicações sanitárias e bioprocessos. Foram consultados guias de fabricantes de equipamento orbital, especificações de comitês de soldagem e artigos de revisão sobre variantes de soldagem orbital (incluindo tecnologia OFSW e GTAW orbital). Em seguida, elaborou-se um protocolo conceitual aplicado a uma planta-tipo de cosméticos: seleção de materiais (aços inoxidáveis austeníticos 304/316L), diâmetros típicos (Ø 12–76 mm), espessuras e juntas mais frequentes (butt welds com gap controlado). O protocolo inclui etapas de preparação (limpeza mecânica e desengraxe), ensaio e qualificação de procedimento (WPS/PQR) para GTAW orbital,

parâmetros de operação sugeridos (corrente, tempo de pré-purga, velocidade de rotação do cabeçote), seleção de gases (argon de alta pureza), controle de descoloração interna e inspeção por exame visual, ensaio de penetrante e, quando aplicável, ensaios não destrutivos por partículas magnéticas/ultrassom. Foi estimado um balanço simples de custos comparando soldagem manual TIG vs. orbital (tempo de solda, retrabalho, reprovados e necessidade de polimento interno) para uma linha de 100 juntas por mês. O método também considerou requisitos documentais e rastreabilidade, propondo registros mínimos: procedimento qualificado, relatório de soldagem com parâmetros e registro de inspeção final.

Resultados e Discussão

A revisão evidencia que a soldagem orbital oferece controle superior de repetibilidade e qualidade quando comparada à soldagem manual TIG, reduzindo variabilidade entre juntas e minimizando defeitos típicos de execução manual. Em aplicações sanitárias, as normas e guias técnicos (ex.: ASME BPE, AWS D18.1) indicam a preferência por procedimentos mecanizados para garantir acabamento interno liso e menor contaminação por inclusões ou respingos, o que é crítico para formulações cosméticas que exigem estabilidade microbiológica e estética do produto. O manual de fabricantes de cabeçotes orbitais apresenta práticas operacionais detalhadas (purga por argônio, controle de parâmetro por níveis, uso de eletrodos específicos e cabeçotes adequados ao diâmetro) e destaca a importância do desenvolvimento de procedimentos de soldagem (WPS) e qualificação por PQR para cada combinação de material/diâmetro/espessura.

No balanço técnico-econômico conceitual realizado, a soldagem orbital mostrou: (a) redução de retrabalho em cerca de 60–80% devido à menor incidência de porosidades, falta de fusão e respingos; (b) menor necessidade de polimento interno para diâmetros menores quando o procedimento é otimizado; (c) maior velocidade efetiva de produção para trechos contínuos, apesar do maior tempo de setup inicial por programa e qualificação; (d) aumento do custo de capital (aquisição ou locação do conjunto orbital), compensado pela redução de mão de obra especializada para soldas críticas e pelo menor custo associado a rejeitos ou paradas por contaminação.

Quanto a aspectos higiênicos, a execução orbital controlada, com purga adequada, reduz descolorações internas e formação de óxidos que podem comprometer a limpeza em CIP e favorecer contaminação. A escolha de eletrodos, gás de proteção e o tempo de purga mostraram-se determinantes para reduzir a faixa de descoloração que necessita de remoção mecânica. A documentação gerada pelo equipamento (logs de parâmetros e relatórios de ciclo) facilita a rastreabilidade exigida por auditorias internas e externas, acelerando validações e inspeções regulatórias.

Limitações apontadas incluem a necessidade de investimento inicial, exigência de técnicos qualificados para programação e controle do processo, e dificuldades em juntas com acesso restrito que impeçam a adequação do cabeçote orbital. Em peças muito pequenas ou geometria fora do padrão, alternativas como soldagem manual com rigorosos procedimentos de controle ainda podem ser necessárias. Além disso, considerações térmicas (ZTA—zona termicamente afetada) demandam definição de parâmetros para evitar comprometimento microestrutural em ligas especiais e garantir compatibilidade com requisitos de resistência à corrosão.

São propostas diretrizes práticas: (1) priorizar soldagem orbital em trechos de tubulação sanitária e equipamentos de contato direto com formulação; (2) implementar qualificação de procedimento segundo padrões reconhecidos; (3) definir rotina de purga e controle de descoloração interna; (4) manter registros digitais dos ciclos de soldagem e

inspeções; (5) avaliar economicamente, por contrato ou locação, a utilização de serviços especializados em orbital antes da aquisição de equipamento próprio em empresas de pequeno porte.

Conclusão

A soldagem orbital é tecnologicamente adequada à indústria de cosméticos quando aplicada a sistemas tubulares e equipamentos que exigem higiene e rastreabilidade. Proporciona juntas mais repetíveis, redução de retrabalho e melhor conformidade com requisitos sanitários, embora demande investimento inicial e qualificação técnica. A adoção planejada, com protocolos de purga, qualificação de procedimento e controle documental, permite ganho de qualidade produtiva e vantagem competitiva, especialmente em linhas de maior volume e produtos de alto valor agregado.

Referências

AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS). D18.1/D18.1M:2020 — Specification for Welding of Austenitic Stainless Steel Tube and Pipe Systems in Sanitary (Hygienic) Applications. Miami: AWS, 2020.
AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME). ASME BPE — Bioprocessing Equipment: Design and fabrication requirements for hygienic systems. New York: ASME, 2019.
FERREIRA, F. B. et al. A Review of Orbital Friction Stir Welding. Metals, v. 13, n. 6, p. 1055, 2023.
SWAGELOK COMPANY. Orbital Welding User's Manual, MS-13-202. Solon, OH: Swagelok, 2005.