

О ВЛИЯНИИ УСЛОВИЙ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ НА
ХАРАКТЕР ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

С.М. ФУРМАНОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

При контактной точечной сварке в местах постановки сварных точек образуются вмятины от токоподводящих электродов. Величина их может достигать 15–30 %, а при нарушениях технологического процесса до 30–50 % от толщины детали.

Деформации поверхностей изделий, имеющих так называемые лицевые поверхности, ухудшают их товарный вид и приводят к необходимости их шлифовки, покрытия пластмассой, пайки, газовой сварки, шпатлевки. Перечисленные технологические приемы имеют ряд недостатков, повышают материальные затраты и снижают производительность труда.

Глубина вмятин от электродов в конечном счете зависит от температуры свариваемого металла в зоне контакта электрод – деталь. Проведенные исследования с использованием математического моделирования показали, что она значительно снижается при использовании жестких режимов сварки, зависит от величины сварочного и ковочного усилий, начального зазора между свариваемыми деталями, размеров контактной поверхности электродов.

Результаты экспериментов по двухсторонней сварке сталей на серийных машинах в лабораторных и заводских условиях показали, что предотвратить образование местных деформаций деталей (вмятин, раскрытия зазоров в нахлестке) невозможно. Увеличение жесткости режима обычно способствует вероятности появления выплесков и прожогов. А наличие сборочных зазоров своевременность зачистки электродов по мере их износа требуют тщательного соблюдения технологической дисциплины.

Известно, что при повышении температуры растет пластичность металлов. Предел текучести стали Ст3 при комнатной температуре составляет 240 МПа, при температуре 200 °С – 220 МПа, а при температуре 300 °С резко снижается до 150 МПа. Снижение σ_T при повышенной температуре способствует увеличению пластической деформации нагретого металла и росту глубины вмятины. Анализ кривых $\sigma_T = f(t)$ показывает, что для уменьшения глубины вмятин при сварке низкоуглеродистой стали максимальная температура в контакте деталь – деталь не должна превышать 250 °С.

В качестве примера промоделирован процесс контактной точечной сварки деталей из низкоуглеродистой стали толщиной 1,5+1,5 мм при следующих параметрах режима: сварочный ток $I_{CB} = 13$ кА, время протекания тока $\tau_{CB} = 0,2$ с, диаметр контактной поверхности электрода $d_э = 6$ мм, сварочное усилие $F_{CB} = 3500$ Н. При моделировании температурных

полей учитывалось, что сварка и последующее остывание деталей происходит в охлаждаемых электродах из бронзы марки БрХЦр.

Скорость протекания тепловых процессов при точечной сварке достаточно высока. Поэтому решение нестационарной задачи теплопроводности зависит не только от граничных условий, но и от начального состояния и времени. Основными теплофизическими свойствами материалов свариваемых деталей и электродов являются теплопроводность и объемная теплоемкость, которые задавались в зависимости от температуры. Переход в расплавленное состояние требует учета в модели скрытой теплоты плавления.

Получено распределение температурных полей в момент выключения сварочного тока и образования расплавленного ядра максимальных размеров при температуре охлаждения электродов проточной водой до $+8^{\circ}\text{C}$ и при охлаждении с помощью холодильной установки до -20°C и -40°C .

Анализ распределения температурного поля в контакте деталь-деталь показывает, что в момент окончания сварочного тока температура в центре ядра достигает $1700\text{--}1780^{\circ}\text{C}$. При этом в области пластического пояска температура составляет около $1050\text{--}1100^{\circ}\text{C}$, что соответствует состоянию пластического течения металла этой зоны. При изменении условий охлаждения верхнего электрода до температур -20°C и -40°C требуется увеличение сварочного тока на величину около 1000 A для обеспечения формирования литого ядра требуемых размеров ($d_{\text{я}} \approx 5\text{ мм}$). При этом проплавление деталей снижается от 70 до 50 %, что не влечет ухудшения качества сварного соединения, так как минимальная глубина проплавления может составлять 20 % по ГОСТ 15878-79.

Максимальная температура в центре контакта электрод-деталь при обычном охлаждении водой до $+8^{\circ}\text{C}$ достигает 500°C . При таких температурах заметно снижается предел текучести материала контактирующих поверхностей деталей и электродов, что ведет к образованию глубоких вмятин и износу электродов. Применение усиленного охлаждения электродов позволяет снизить данную температуру до $100\text{--}125^{\circ}\text{C}$. Это, в свою очередь, увеличивает сопротивление деформации в зоне контакта электрод-деталь за счет увеличения предела текучести свариваемого металла при снижении температуры.

Анализ результатов моделирования показывает, что при охлаждении электродов водой до температуры до $+8^{\circ}\text{C}$ глубина вмятины от электродов составляет 20–30 % от толщины детали. Применение усиленного охлаждения электродов хладагентом до -20°C позволяет снизить глубину вмятин на поверхностях деталей до 5–10 %, при охлаждении электродов до -40°C глубина вмятины составляет менее 5 % от толщины детали.