

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПОВТОРНОЙ НАПЛАВКИ
ЧУГУННЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗМЗ-24 И ЗМЗ-53

В настоящее время опыт работы авторемонтных предприятий свидетельствует о существовании проблемы повторной наплавки чугунных коленчатых валов двигателей ЗМЗ-24 и ЗМЗ-53.

Проблема заключается в образовании пор (сыпи) в повторно наплавленном слое при использовании самозащитной порошковой проволоки ПП-АНЗ на воздухе. Применение данной проволоки при повторной наплавке стальных валов и первичной наплавке чугунных валов дает хорошие результаты по отсутствию сыпи. Следовательно, образование пор, вероятнее всего, можно связать с высоким содержанием углерода на границе сплавления и появлением отбеленной зоны при первичной наплавке.

Поры представляют собой пузыри газа, не успевшего выделиться из металла сварочной ванны при ее кристаллизации. С понижением температуры расплава, особенно при его затвердевании, уменьшается растворимость газов в металле и возникает его пересыщение. Если степень пересыщения достаточно высока, чтобы преодолеть силы, препятствующие возникновению газовых зародышей, в металле появляются газовые пузыри, и если они не успевают удалиться (всплыть) до его затвердевания, то в наплавленном металле возникает пористость.

Таким образом, уменьшить пористость в металле можно двумя путями: 1) снижать степень пересыщения металла газом или замедлять реакции, идущие с газовыделением; 2) способствовать наиболее полному удалению газовых пузырей из сварочной ванны. К сожалению, процесс удаления газовых пузырей почти не исследован.

Из литературы известно, что образование пор вызывают такие газы, как азот, водород и углекислый газ. Мнение о том, что появление пористости связано с окислением металла и образованием углекислого газа, не подтверждается литературными данными по этому вопросу. Основным источником водорода является адсорбированная влага и водородосодержащие органические соединения, отсутствующие при наплавке коленчатых валов, следовательно, наиболее вероятным газом, влияющим на образование пористости, является атмосферный азот.

Развитию газовых зародышей препятствуют внешнее давление (давление столба жидкости металла и атмосферное давление) и поверхностное натяжение. Суммарное давление можно представить в следующем виде:

$$P = \rho_{ж} \cdot h + P_{атм} + \frac{2\sigma}{r},$$

где $\rho_{ж}$ - плотность расплава;
 h - глубина залегания поры;
 σ - поверхностное натяжение;
 r - радиус поры.

Таким образом, повышая давление, можно подавить развитие газовых пузырей.

Влияние технологических параметров наплавки на развитие пористости можно оценить с помощью термодинамических и кинетических особенностей протекания химических реакций. Основываясь на теории квазистационарного состояния сварочной ванны, можно выразить концентрацию какого-либо элемента:

$$C = \frac{C_0 q_0 + C_k q_n + B P F C_p}{k (q_0 + q_n) + B P F},$$

где C_0 и C_p - начальная и равновесная концентрация элемента;
 C_k - концентрация элемента в капле металла;
 B - коэффициент массопереноса;
 q_0 и q_n - массовые скорости плавления основного и электродного металла;
 ρ - плотность жидкости;
 F - площадь ванны;
 k - коэффициент распределения элемента между твердой и жидкой фазами.

Принимая для упрощения $k = 1$ и $q_0 \approx q_n$, можно выразить относительное изменение содержания элемента в процессе наплавки:

$$1 - \frac{C}{C_0} = \frac{\left(1 - \frac{C_p}{C_0}\right) \frac{B P F}{q_0'}}{1 + \frac{B P F}{q_0'}},$$

где $C_0' = (C_0 + C_k)$ - исходная концентрация с учетом смешивания расплавленного основного и электродного металла;
 $q_0' = q_0 + q_n$ - сумма скоростей плавления основного и наплавленного металла.

Из выражения следует, что относительное изменение содержания элемента в процессе наплавки зависит от соотношения $\frac{C_p}{C_0}$ и безразмерного комплекса $\frac{BPF}{q}$, представляющего собой отношение скорости поступления реагента к скорости плавления металла.

Нетрудно видеть, что величина $1 - \frac{C_p}{C_0}$ будет уменьшаться с увеличением скорости плавления q . Если в эту формулу подставить значение концентрации азота, можно установить, что поглощение азота будет тем меньше, чем больше скорость плавления металла. Главным фактором, влияющим на эти параметры, является скорость наплавки.

Из сказанного можно сделать вывод, что для уменьшения пористости наплавленного металла при наплавке коленчатых валов необходимо использовать защитную среду и повысить скорость наплавки.

В процессе изучения проблемы порообразования был проведен металлографический анализ образцов, вырезанных из шеек коленчатых валов, наплавленных повторно на воздухе и в защитной среде аргона порошковой самозащитной проволокой ПП-АНЗ. Исследования проводили на микроскопе МИМ-8 при увеличении 100-180 раз.

На всех микрошлифах отчетливо была видна микроструктура чугуна, переходной зоны и наплавленного металла. Материал коленчатого вала - серый чугун, имеющий структуру перлита с включениями графита шаровой формы. Структура наплавленного слоя - дисперсные продукты распада ферритно-карбидной смеси, что свидетельствует о высокой степени охлаждения. Структура переходной зоны - сотовый, пластинчатый ледебурит (аустенитно-цементитная эвтектика). Это хрупкая, твердая эвтектика, оказывающая в конечном счете значительное влияние на механические и технологические свойства наплавленного металла.

Микроструктура образца, полученного из коленчатого вала, наплавленного на воздухе, содержит отчетливо видимую переходную зону толщиной 0,18...0,36 мм. Ледебурит имеет пластинчатую форму, достаточно грубый. Эвтектика распространяется сплошным слоем по всей ширине переходной зоны.

После повторной наплавки в аргоне наблюдается уже не сплошная эвтектика, а представленная отдельными глобулями. Наблюдаются цепочки глобулей с разрывами. Примерно на 30% поля видимости переходной зоны нет. Структура эвтектики представлена сотовым ледебуритом. Толщина переходной зоны, состоящей из островков эвтектики, составляет

0,14...0,18 мм.

Таким образом, можно отметить, что после наплавки в защитной атмосфере аргона улучшается микроструктура переходной зоны. Уменьшается глубина аустенитно-цементитной эвтектики. Ледебурит имеет сотовую форму, в то время как при наплавке на воздухе эвтектика в большей мере пластинчатая.

По-видимому, аустенитно-цементитная эвтектика и влияет на пористость наплавленного металла, поскольку растворимость азота в ледебурите меньше, чем в перлите (основа чугуна) и в аустените (основа наплавки). Поэтому возникновение газовых пузырей возможно в ледебурите. Не успевая выйти на поверхность, азот остается в наплавленном металле в виде пор. Таким образом, для снижения пористости необходимо стремиться к уменьшению объемной доли эвтектики, что достигается увеличением скорости наплавки и применением газовой защитной среды.

Н. И. Ульяшин,
М. Н. Лобанов,
А. С. Чуркин,
С. А. Новокрещенов

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛУНЖЕРОВ ГПН МЕТОДОМ НАПЛАВКИ

Горизонтально-плунжерные насосы, предназначенные для прессования пластичных материалов, в процессе эксплуатации довольно быстро выходят из строя из-за одновременного абразивно-кавитационного износа плунжера толкателя. При зазоре в паре "плунжер - направляющий цилиндр" свыше 2 мм дальнейшая эксплуатация насоса невозможна из-за возникновения перекоса и ускоренного ударно-абразивного разрушения. В современных гидропрессах применяют плунжеры диаметром 65...93 мм и изготавливают из следующих марок сталей: 38ХМДА, 20ХНЗА и 12НЗА - с дальнейшим упрочнением закалкой до 45...50 НРСэ.

До недавнего времени плунжеры малых диаметров, вышедшие из строя, не восстанавливались из-за технологических трудностей, связанных с наплавкой высоколегированных материалов под флюсом. Малый радиус образующей наплавляемой поверхности способствует ссыпанию