

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ИНСТРУМЕНТА

Казаков Ю. Н., Казинский А.А.

*Саратовский государственный технический университет
410054 Саратов, ул. Политехническая, 77, каф. МВПО
E-mail: implant@star.sstu.runnet.ru*

АННОТАЦИЯ. На основе рассмотрения задач разработаны новые принципы принудительного формообразования металла при плазменных и дуговых процессах наплавки с использованием активного воздействия на металл в жидкой, твердой и вязкопластичной фазах с помощью формообразующих средств (наплавочных форм, режущего, вибрирующего и вытесняющего инструментов).

К наплавке с принудительным формообразованием специалисты относятся в известной мере осторожно и догматически, что обусловлено отсутствием эффективного технологического оснащения и недостаточной информацией о процессах. Эти обстоятельства и большие потенциальные возможности плазменно-дуговых процессов позволили выбрать область исследований, направленных на совершенствование методов наплавки. Появление все большего числа работ по изучению контактных явлений, теплофизики, гидромеханики течения расплава обусловлено доступностью и эффективностью их применения в практике научных исследований. Этот подход стал сравнительно новым, удачным средством создания теории формообразования при наплавке.

Логика научного поиска и диалектические черты наплавочного процесса привели к созданию новых принципов активного воздействия на металл в жидкой, твердой и вязкопластичной фазах с помощью формообразующих средств термосилового характера: наплавочных форм, режущего, вибрирующего, вытесняющего инструментов (рис.1).

Проблема принудительного формообразования заключается в недостаточной точности обработки и стойкости формообразующих элементов, которые находясь в контакте с наплавкой, образуют нежелательные межзатомные связи. Сила, способная их вызвать,

$$P = 3\varepsilon^{1/\nu} \sigma_t A_c B,$$

где ε - сближение поверхностей; ν - коэффициент, зависящий от способа обработки (1,5...3); B - коэффициент шероховатости (изменяется от 1 до 10); A_c - контурная площадь.

Создание и выбор расчетных моделей контактного взаимодействия, адекватно отражающих условия формоизменения наплавки, ориентировали на правильный выбор схем наплавки и объективную оценку режимов, точности обработки и стойкости формообразующих элементов.

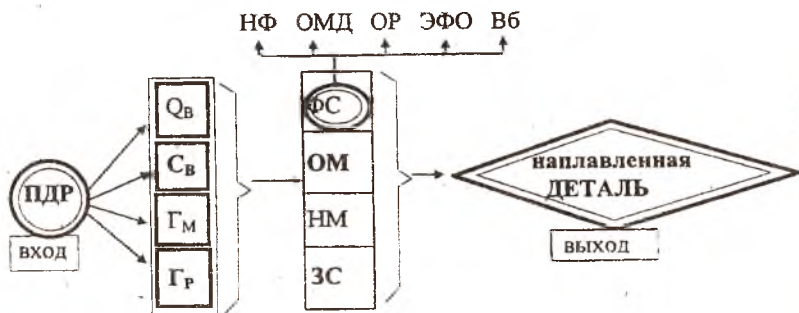


Рис. 1. Система процесса принудительного формообразования с использованием ПДР: Q_B , C_B , Γ_M , Γ_P - тепловое, силовое, гидромеханическое, гравитационное воздействия; ФС - формообразующие средства; ОМ - основной, НМ - наплавленный металл; ЗС - защитные среды. НФ - наплавочные формы; ОМД - обработка давлением; ОР - обработка резанием; ЭФО - электрофизическая обработка; Вб - наложение вибраций

Из всего массива факторов контактного взаимодействия в качестве приоритетных были выделены твердость, геометрия, шероховатость R и прочность σ_t материала, которые являются функцией температуры и времени контакта t :

$$t = \int \sin \varphi \, d\varphi \{ [2B(1 + \pi/2) - 2A] \cos \varphi - 2B(1 + \pi/2)/3 \cos^3 \varphi +$$

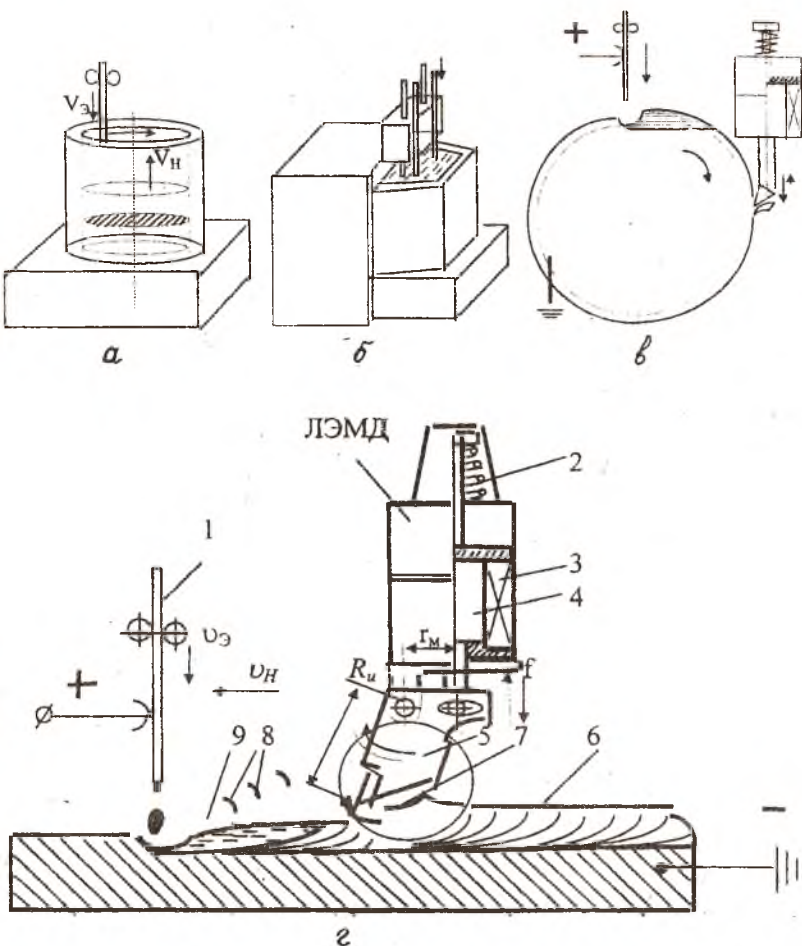


Рис. 2. Схемы нанесения металла в наплавочные формы вращающимся электродом - а, многоэлектродным способом - б, тангенциальным термическим резанием - в и возвратно-колебательным движением инструмента с приводом от ЛЭМД - г (1-электрод; 2-пружина возврата якоря; 3 - соленоид; 4- якорь; 5-резец; 6-обработанная поверхность; 7-поверхность резания; 8-стружка; 9-сварочная ванна v_a , v_H - скорость подачи электрода и наплавки соответственно; f , ω - частота возвратно-поступательного и качательного движений соответственно; R_u - радиус качения резца

$$+ B \cos \varphi / 3 + 5B \sin^3 \varphi / 9 - B \varphi \cos \varphi + 2B \varphi \cos^3 \varphi / 3 + 2A - 4B / 3 - 2\pi B / 3 \}^{-1/2}$$

где $A = P_{KP} / mR$; $B = n \sigma_r \pi R / m$; $P_{KP} = 3,988 \sigma_r R^2 n$.

Функция прочности $\theta(\sigma_r)$ зависит от вида контакта, относительного внедрения h/R инструмента, модуля упругости контактирующих материалов E , коэффициента Пуассона μ , значения твердости, упрочняемости материалов C : для упругого контакта $E = E_i(1 - \mu_i)E_j(1 - \mu_j)$; для упругопластического $\theta = \sigma_{y_i} / \sigma_{y_j}$; для пластического контакта $\theta^S = \sigma_{s_i} / \sigma_{s_j}$; для пластического контакта с упрочнением $\theta^S = \sigma_{s_i} C_i / \sigma_{s_j} C_j$.

Расчеты показали, что при определенных значениях температуры и давления в зоне контакта диффузионные явления протекают слабо. Поэтому контакт будет неполным и чувствительным к рельефу поверхности и величине сжимающего усилия P , табл. 1.

Таблица 1

Время образования плотного контакта, с

Шероховатость Давление, МПа	100 мкм	50 мкм	10 мкм
10	1,7	3,6	6,8
20	0,8	2,3	3,9
50	0,1	1,2	2,7
100	0,03	0,5	1,3

С единых теоретических обобщений контактного взаимодействия, эвристических, содержательных и логических структур и с учетом табличных данных, разработаны новые схемы формообразования (рис 2).

На основе изучения теплогидромеханической обстановки сварочной ванны, контактных взаимодействий и кинетических торможений расплава, разработаны основные принципы, эффективные средства удержания металла и формирования геометрических параметров в жидкой фазе путем применения наплавочных форм (медных водоохлаждаемых кристаллизаторов, угольных тиглей, полимеризуемых, оболоч-

ковых и песчано-глинистых форм из электропроводных, теплодемпфирующих, рецептуры формовочных смесей оригинального состава, конструкции наплавочных форм и пр.) в условиях одно- и многоэлектродных процессов, применения присадок, сканирования электродов, экзотермических реакций, наложения вибраций на формообразующие элементы (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент заполнения наплавочной формы в зависимости от способа наплавки и материала наплавочной формы

Способ наплавки	Материал наплавочной формы	Коэфф. заполнения
Дуговая наплавка под слоем флюса (одним электродом)	Медь (водоохлаждаемая)	0.37...0.54
	Графитовая форма	0.67...0.90
	Керамизированная форма	0.73...0.960
	То же с добавкой графита	0.77...0.87
	Песчано-смоляная форма	0.61...0.92
	Песчано-глинистая форма	0.51...0.72
Дуговая многоэлектродная наплавка под слоем флюса	Медь (водоохлаждаемая)	0.53...0.66
	Песчано-глинистая форма	0.77...0.80
Дуговая наплавка в CO_2	Полимеризуемая форма	0.71...0.83
Аргоно-дуговая	Полимеризуемая с графитом	0.82...97
Колесблюющийся электрод	Полимеризуемая с графитом	0.83...0.98
Плазменная наплавка	Полимеризуемая с графитом	0.87...0.99

На основе изучения чувствительности металла к силовому воздействию найдены рациональные границы режимов термомодеформационного цикла и положительные эффекты от демпфирования тепловых потоков путем применения теплопоглощающих промежуточных элементов при вытеснении расплава.

В работе впервые была предложена концепция, схемы и методы тангенциального терморезания (рис. 2в) и безотход-

ной обработки металла лезвийным инструментами в процессе его нанесения (рис. 2г).

Разработанные конструкции приводных механизмов, режущих и давящих инструментов позволили реализовать предложенные методы принудительного воздействия на металл. Впервые предложено использовать в качестве привода формообразующих элементов импульсные ЛЭМД (линейные электромагнитные двигатели), что особенно эффективно для стесненных условий наплавки. При этом согласованы режимы энергопреобразования ЛЭМД с учетом теплогидромеханических и геометрических параметров наплавки через вентильные преобразователи и электронные блоки управления.

Целесообразность разработок была подтверждена результатами исследования заполняемости наплавочной формы, шероховатости и неровности поверхности (табл. 3), физико-механических свойств, фазоструктурного состояния, износостойкости наплавленного металла.

Таблица 3

**Зависимость высоты неровностей
от параметров процесса терморезания**

Геометрические параметры		Параметры процесса		Выходной параметр
Радиус детали	Радиус движения инструмента	Скорость наплавки	Частота ударов ЛЭМД	Высота неровности, мм
R_d , мм	R_n , мм	v_n , м/ч	f , Гц	h , мм
80	20	10	5/1	0,0373/0,96
80	20	20	5/1	0,0209/0,53
80	20	30	5/1	0,0093/0,33
80	20	40	5/1	0,00233/0,05
---	---	---	---	---
79	21	40/20	10	0,0093/0,0023
79	21	40/20	7	0,019 /0,0047
79	21	40/20	5	0,0373/0,009
79	21	40/20	3	0,103/0,025
79	21	40/20	1	0,96/0,23

Таким образом установлено, что основной эффект от применения наплавочных форм заключается в возможности получения рабочих элементов заданной конфигурации. Основное достоинство применения режущего инструмента заключается в повышении точности размеров наплавляемых поверхностей и снижении сил резания. Использование формообразующих инструментов для вытеснения металла при наплавке позволяет повысить качество наплавляемых слоев. Другие технологические приемы и средства активного воздействия на металл в процессе его нанесения направлены на повышение эффективности наплавочного процесса.

СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ С ПРОДОЛЬНЫМ И СПИРАЛЬНЫМ ОРЕБРЕНИЕМ

Каргин В.Р.

*Самарский государственный аэрокосмический университет
443086 Самара, Московское шоссе, 34
E-mail: gl@lib1.ssau.ru*

АННОТАЦИЯ. Рассмотрена эффективность применения труб с продольным и винтовым оребрением в различных областях техники, получаемых методом прессования и волочения в сочетании с кручением.

Трубы с продольным и спиральным оребрением из стали и цветных металлов сложных поперечных сечений – прогрессивные металлургические полуфабрикаты для техники нового поколения. Из них можно изготовить теплообменники и испарители, турбулизаторы и завихрители, бурильные и тепловые трубы и т.д. Отличительные потребительские признаки таких труб: развитая поверхность (продольное или спиральное оребрение), ажурность (уменьшенная