

ПРОЧНОСТЬ ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО В ПРОЦЕССЕ ВОЛОЧЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УЛЬТРАЗВУКА

Совместная пластическая деформация металлического порошка и проволоки в процессе волочения позволяет получить покрытие высокой плотности с заданными физико-механическими свойствами [1]. Интенсивная деформация отдельных частиц металлического порошка, развиваемая на поверхности проволоки, приводит к разрушению оксидных пленок, а высокие нормальные и касательные напряжения обеспечивают контакт металлической пары и развитие не только механического, но и физико-химического взаимодействия, которое приводит к образованию прочных металлических связей [2]. Активированная частица находится одновременно в контакте с материалом проволоки и инструмента, однако вероятность образования мостиков сварки с инструментом меньше, так как инструмент находится под действием упругих деформаций, а матрица деформирована пластически. Кроме того, инструмент выполнен из карбидосодержащих материалов, в которых количество свободных связей атомов металлов минимальное, что определяет пассивность поверхности инструмента к взаимодействию с пластически деформируемым металлом. Известно, что подведение дополнительной энергии к взаимодействующим металлам приводит к увеличению числа элементарных атомов сварки [3]. Повышению энергии активации атомов может способствовать не только разогрев, но и введение ультразвука в зону пластической деформации [4].

С целью изучения влияния ультразвука на процесс формирования металлопорошкового покрытия и его прочность была применена схема подведения колебательной энергии в очаг деформации, описанная в работе [5]. Волока из твердого сплава располагались в пучности продольных смещений. Причем излучатель ультразвуковых колебаний (УЗК) размещался таким образом, чтобы металлический порошок, находящийся в питателе, мог поступать в зону деформации под действием собственного веса. Металлический порошок в процессе волочения находился под постоянным воздействием колебаний, что давало возможность судить о нем как о псевдожидкости с плотностью, меньшей плотности свободной насыпки. Амплитуда продольных колебаний волоки в свободном состоянии — 10...12 мкм. Волочение осуществлялось со скоростью 0,048 м/с. Однако при такой схеме формирования покрытие на проволоке получено не было. Поэтому опыты проводились при волочении проволоки из меди марки М1 (ГОСТ 859—78) с нанесенным ранее покрытием из порошкового олова ПО2 (ГОСТ 9723—73) дисперсностью 40 мкм по способу, описанному в работе [1]. Устройство обеспечивало волочение проволоки с наложением УЗК и без них с одинаковой степенью деформации.

Прочность покрытия оценивалась по методике, предложенной в работе [1]. С целью более точного фиксирования момента появления первых макротрещин на поверхности покрытия при изгибе образца устройство было освещено микроскопом МИР-2. Эффективность влияния УЗК на процесс адгезионного

взаимодействия металлических частиц порошка между собой и с проволокой определялась по изменению угла загиба проволоки и оценивалась отношением

$$\varepsilon = \theta_1 / \theta_2 ,$$

где θ_1 и θ_2 – предельные углы загиба проволоки с покрытием до появления первых макротрещин соответственно с УЗК и без них. Результаты экспериментов представлены в табл. 1, из которой видно, что предельные углы загиба увеличиваются с применением УЗК в исследуемом интервале степеней деформации и при увеличении степени деформации эффективность УЗК возрастает.

Для одновременного формирования порошкового слоя на проволоке и его обработки УЗК была исследована схема, по которой в волноводе продольных колебаний полуволновой длины размещали две волокни: формирующую, в пучности напряжений, и калибрующую, в пучности смещений. Полость для порошка располагалась перед формирующей волокой, что создало необходимые условия для подачи металлических частиц в зону формирующей волоки под действием УЗК. Так как диаметр волоки равен диаметру исходной заготовки, в формирующей волоке металлический порошок уплотнялся и незначительно деформировался. Окончательная адгезионная обработка покрытия производилась в калибрующей волоке. Ультразвуковая энергия интенсифицировала процесс сварки и деформирования проволоки с покрытием. Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Табл. 1. Экспериментальные данные по испытанию прочности покрытия

Диаметр заготовки, мм	Диаметр волоки, мм	Логарифмическая степень деформации	Угол загиба проволоки, рад		Эффективность УЗК
			без УЗК	с УЗК	
3,90	3,15	0,427	0,4363	0,5934	1,36
3,80	3,15	0,375	0,4014	0,5236	1,30
3,50	3,15	0,211	0,3229	0,3665	1,13
3,30	3,15	0,093	0,3142	0,3491	1,11
3,20	3,15	0,031	0,2967	0,3316	1,11

Табл. 2. Экспериментальные данные окончательной адгезионной обработки покрытия в калибрующей волоке

Диаметр заготовки, мм	Диаметр формирующей волоки, мм	Диаметр калибрующей волоки, мм	Суммарная логарифмическая степень деформации	Угол загиба, рад			Эффективность УЗК	
				заготовка с покрытием (с УЗК)	заготовка с покрытием (без УЗК)	заготовка с покрытием (с УЗК)	$\varepsilon_1 = \frac{\theta_1}{\theta_2}$	$\varepsilon_2 = \frac{\theta_3}{\theta_2}$
3,32	3,32	2,80	0,341	0,3840	0,3316	0,5585	1,16	1,68
3,15	3,15	2,65	0,346	0,4712	0,3491	0,6109	1,34	1,75
4,10	4,10	3,40	0,374	0,6632	0,4014	0,7330	1,65	1,82
3,15	3,15	2,70	0,377	0,6981	0,4102	0,7418	1,70	1,80
3,15	3,15	2,60	0,383	0,7330	0,4189	0,8727	1,74	2,08

В ходе экспериментов установлено, что обработка УЗК предварительно нанесенного покрытия из металлического порошка позволяет увеличить его адгезию к материалу проволоки; формирования порошкового слоя на поверхности проволоки в пучности колебаний не происходит; размещение формирующей волоки в пучности напряжений, а калибрующей в пучности смещений позволяет осуществлять процесс формирования покрытия по приведенной выше схеме; УЗК интенсифицируют процесс получения покрытия из металлических порошков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степаненко А.В., Сычев Е.Г., Бельский А.Т. О толщине формируемого слоя на проволоке. – Минск: БелНИИНТИ, 1982. – 8 с. 2. Основы расчета на трение и износ / И.В. Крагельский. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с. 3. Диффузионная сварка материалов / Под ред. Н.Ф. Казакова. – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с. 4. Х о л о п о в Ю.В. Ультразвуковая сварка. – Л.: Машиностроение, 1972. – 152 с. 5. К л у б о в и ч В.В., С т е п а н е н к о А.В. Ультразвуковая обработка материалов. – Минск: Наука и техника, 1981. – 295 с.

УДК 621.777:686.4

В.Ф. БУРЕНКОВ, Е.Г. СЫЧЕВ

СИЛОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ПЛАКИРОВАНИЯ ПРИ ПРОШИВКЕ

Производство и использование деталей с покрытиями из различных материалов и их композиций позволяет повысить эксплуатационные качества изделий и экономить материальные ресурсы.

При введении пластичного плакирующего материала в очаг деформации в процессе закрытой прошивки возможно получение тонкослойных покрытий с хорошей адгезией к основе [1].

Процесс прошивки с плакированием отличается от обычного процесса прошивки тем, что при его осуществлении деформирующий инструмент постоянно контактирует с пластичным плакирующим материалом, который является смазочным слоем.

Существующие аналитические решения определения удельного усилия прошивки в закрытой матрице сложны для практического применения [2].

Примем в качестве расчетной жесткопластическую схему деформирования и определим удельное усилие на пуансоне по методике, предложенной в [2]. При прошивке в установившейся стадии (рис. 1) зона 1 подвергается стесненной (закрытой) осадке, в кольцевой зоне 2 возникают сжимающие радиальные напряжения, часть материала из нее вытесняется вверх в зону 3. Зоны 3 и 4 рассматриваются как жесткие. Удельное усилие на пуансоне [2]

$$p = \frac{P}{\pi r^2} = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6, \quad (1)$$

где p_1 – усилие, необходимое для деформирования осадкой зоны 1; p_2 – деформирования кольцевой зоны 2; p_3 – преодоления трения по цилиндриче-