

В.П. Дудчак

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕССОВАНИЯ И УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА АДГЕЗИОННУЮ ПРОЧНОСТЬ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Подольская государственная аграрно-техническая академия,
ул. Шевченко 13, г. Каменец-Подольский, 32300, Хмельницкая область, Украина*

Адгезионная прочность полимерного покрытия с металлической основой является одним из главных факторов, определяющих надежность и долговечность восстановленных деталей сельскохозяйственных машин. На прочность сцепления пластмассового покрытия с металлом влияют режимы нанесения покрытия (давление, температура, время), физическая природа металла и пластмассы, химическая активность поверхностей, их микрогеометрия, степень очистки от загрязнения, толщина пластмассового покрытия, усадка, остаточные напряжения. Наряду с высокой адгезионной прочностью покрытие должно обладать достаточной нагрузочной способностью, износостойкостью, стабильностью размеров на протяжении всего периода эксплуатации. Технологические факторы играют решающую роль в изменении физико-механических свойств покрытий. Поэтому для разработки технологии восстановления деталей сельскохозяйственных машин композиционными полимерными покрытиями была поставлена задача изучить влияние технологических факторов прессования на адгезионные и физико-механические свойства покрытий.

Для изучения технологических факторов прессования на адгезионную прочность покрытий с металлической основой ($\sigma_{сн}$), твердость НВ, разрушающее напряжение на сжатие ($\sigma_{сж}$) и плотность (ρ) использовали антифрикционную полимерную композицию, состоящую из коллоидного графита, дисульфида молибдена, порошкового полиамидного материала и измельченного препрега, включающего стекловолоконный наполнитель, пропитанный модифицированной фенолформальдегидной смолой Р2М [1].

Образцы для исследования прочности сцепления изготавливали из ст. 45 диаметром 9 мм и длиной 35 мм. При этом торцы шлифовали в призме до шероховатости $R_z = 32$. Перед нанесением покрытий торцы соприкасающихся поверхностей обезжировали ацетоном. Прессматериал перед нанесением покрытий предварительно просушивали при температуре 333 К в течение 1,5 часа. Разрушающее напряжение на сжатие определяли по ГОСТ 4651-78, твердость НВ по ГОСТ 13323-67, плотность по ГОСТ 15139-69. Разрушающее напряжение на сжатие и величину адгезионной прочности покрытий с металлической основой определяли на разрывной машине МР-05. Твердость устанавливали на твердомере модели МКВ-1 по глубине вдавливания шарика диаметром 5 мм при нагрузке 50 кг. Плотность определяли путем обмера отпрессованного образца микрометром МК-25 и взвешиванием на весах марки ВЛА-200 с точностью 0,1 мг.

Исследования проводили при следующих режимах: давление прессования 10 – 90 МПа, температура прессформы 403 – 463 К, время выдержки под давлением 0,5 – 1,5 мин/мм сечения [2].

Уровни варьирования технологических факторов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

Значение фактора	Кодовое значение уровней		
	- 1	0	+ 1
X1 – давление прессования, МПа	10	50	90
X2 – время выдержки, мин/мм	0,5	1,0	1,5
X3 – температура пресс-формы, К	403	433	463

Экспериментальное исследование проводили в соответствии с матрицей планирования (табл. 2) по плану Бокса-Бенкина. Параметрами оптимизации служили адгезионная прочность покрытия с основой (Y_1), твердость НВ (Y_2), разрушающее напряжение на сжатие (Y_3), плотность (Y_4).

Таблица 2. Матрица планирования и результаты опытов по определению влияния технологических режимов прессования

№ опыта	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y4
1	+1	+1	0	16,0	188,0	131,2	1694
2	+1	-1	0	13,6	139,0	85,2	1632
3	-1	+1	0	9,6	152,0	119,5	1679
4	-1	-1	0	10,4	139,0	82,0	1595
5	+1	0	+1	18,4	188,0	130,5	1694
6	+1	0	-1	8,0	80,0	59,4	1545
7	-1	0	+1	6,4	128,0	79,7	1562
8	-1	0	-1	5,2	97,0	62,5	1606
9	0	+1	+1	17,6	160,0	129,7	1679
10	0	+1	-1	10,0	86,0	55,5	1552
11	0	-1	+1	15,2	133,0	125,0	1666
12	0	-	-1	4,0	74,0	46,1	1544
13	0	0	0	16,9	160,0	124,2	1687
14	0	0	0	17,6	168,0	127,4	1690
15	0	0	0	18,0	168,0	122,8	1680
				151,3	1732,0	1230,5	21135

В результате математической обработки экспериментальных данных получены модели, адекватно описывающие влияние технологических режимов прессования:

$$Y_1 = 17,5 + 3,05 X_1 + 1,25 X_2 + 3,8 X_3 - 3,7 X_1^2 - 1,5 X_2^2 - 4,4 X_3^2 + 2,3 X_1 X_3, \quad (1)$$

$$Y_2 = 165 + 10X_1 + 12 X_2 + 34 X_3 - 12 X_2^2 - 43 X_3^2 + 19,3 X_1 X_3, \quad (2)$$

$$Y_3 = 124,8 + 7,81X_1 + 12,2X_2 + 30,2X_3 - 12,8X_1^2 - 6,8X_2^2 - 28,2X_3^2 + 13,5X_1X_3, \quad (3)$$

$$Y_4 = 1686 + 15,4X_1 + 20,9X_2 + 40,5X_3 - 21X_1^2 - 14X_2^2 - 62,5X_3^2 + 48,2X_1X_3. \quad (4)$$

Сцепляемость покрытий является одним из главных факторов, определяющих надежность работы нанесенного покрытия. Анализ данных, полученных при исследовании адгезионной прочности (Y_1), показал, что величина сцепляемости в зависимости от технологических факторов прессования колеблется в больших пределах и составляет 4 – 18 МПа.

Поскольку фактор времени играет существенную роль в повышении производительности процесса, оптимальную выдержку под давлением принимаем минимальным (0,8 мин/мм сечения) для получения адгезионной прочности, равной 18 МПа. Оптимальные значения температуры и давления прессования определяли при $X_2 = -0,4$, исследуя при этом параметре адгезионную прочность (Y_1), твердость (Y_2), разрушающее напряжение на сжатие (Y_3), плотность (Y_4) (рис. 1).

Анализ результатов исследований позволил сделать следующие выводы:

1. Технологические параметры прессования оказывают большое влияние на прочность сцепления и физико-механические свойства покрытий. При этом прочность сцепления изменяется с 4 до 18,4 МПа, твердость НВ с 74 до 188 МПа, разрушающее напряжение на сжатие с 46,1 до 131,2 МПа, плотность с 1544 до 1694 кг/м³;

2. Ввиду того, что фактор времени влияет на производительность технологического процесса, минимальное время выдержки под давлением принято равным 0,8 мин/мм сечения, обеспечивая максимальную адгезионную прочность в пределах 18 – 19 МПа;

3. При прочности сцепления 18 МПа физико-механические свойства находятся в пределах: твердость НВ 165 – 170 МПа, плотность 1690 – 1700 кг/м³, разрушающее напряжение на сжатие 125 – 130 МПа.

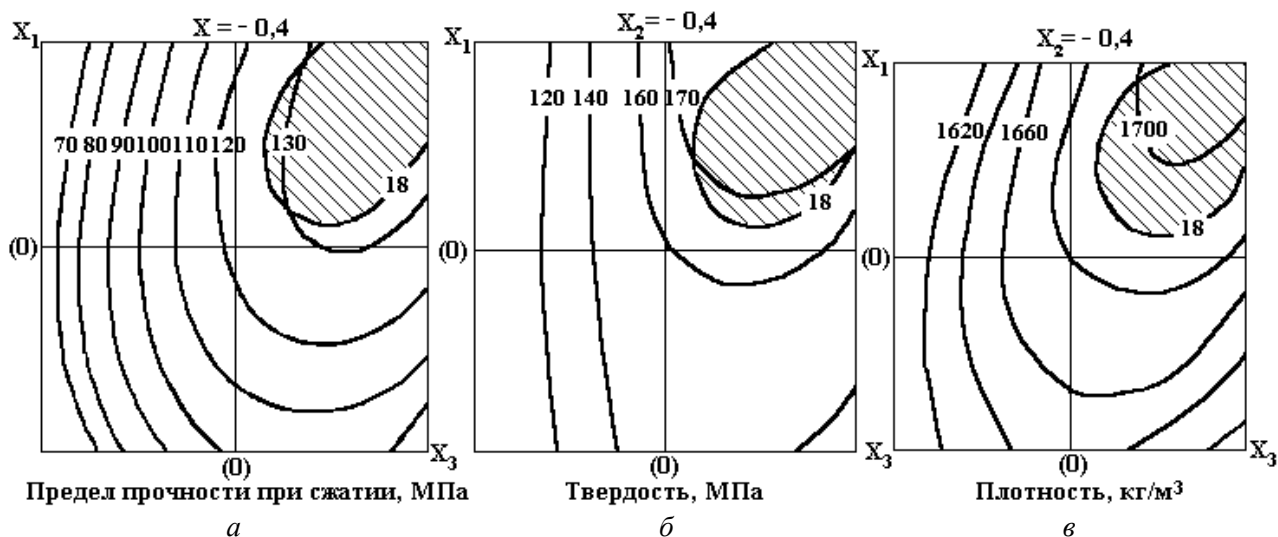


Рис. 1. Геометрический образ поверхности равного отклика при оптимальном значении $X_2 = -0,4$:
 а) адгезионная прочность – разрушающее напряжение на сжатие;
 б) адгезионная прочность – твердость, НВ; в) адгезионная прочность – плотность, кг/м³

4. Прессование антифрикционных покрытий целесообразно проводить при следующих режимах:

- а) время выдержки под давлением – 0,8 мин/мм сечения;
- б) давление прессования – 54 – 75 МПа;
- в) температура пресс-формы – 438 – 463 К.

С целью повышения адгезионной прочности композиции нами предлагается устройство [3], которое схематически изображено на рис. 2.

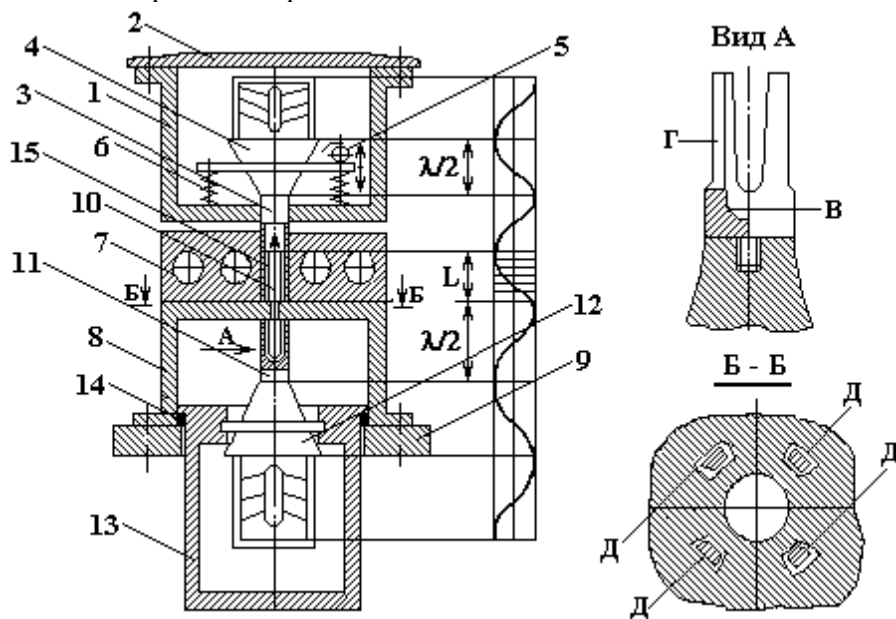


Рис. 2. Схема устройства для нанесения полимерной композиции:

1 – подвижная плита; 2 – силовой цилиндр; 3 – пуансон-волновод; 4 и 12 – магнестрикционный преобразователь; 5 – эксцентриковый вибратор; 6 – пружина; 7 – матрица; 8 – неподвижная плита; 9 – стол пресса; 10 – знак; 11 – волновод-выталкиватель; 13 – корпус; 14 – прокладка; 15 – восстанавливаемая деталь

Устройство содержит подвижную плиту 1, жестко связанную с силовым цилиндром 2 пресса. На плите 1 установлен пуансон-волновод 3, который снабжен магнестрикционным преобразователем 4 и возбудителем низкочастотных колебаний, выполненным в виде эксцентрикового вибратора 5, причем пуансон-волновод 3 подпружинен относительно плиты 1 пружиной 6. Под подвижной плитой 1 размещена матрица 7, закрепленная на неподвижной плите 8, которая закреплена на

столе 9 пресса. В неподвижной плите 8 установлены знак 10, волновод-выталькиватель 11, снабженный магнитострикционным преобразователем 12 и выполненный в виде стакана с внутренней полостью В, имеющей форму гиперболоида. В стакане предусмотрены пазы Г, образующие при пересечении двух катеноидных в поперечном сечении поверхностей – наружной цилиндрической и внутренней гиперболической не менее трех выступов Д, что обеспечивает максимальную концентрацию колебаний в рабочей зоне.

Волновод-выталькиватель 11 размещен в корпусе 13, который через прокладку 14 соприкасается с плитой 8 пресса.

Расстояние от торца пуансона-волновода 3 до торца волновода-выталькивателя 11 определяли из соотношения;

$$2d < L < \frac{1}{4} \lambda, \quad (5)$$

где d – диаметр матрицы под восстанавливаемую деталь, мм; L – расстояние от торца пуансона-волновода до торца волновода-выталькивателя (длина формообразующей части матрицы), мм; λ – длина волны ультразвуковых колебаний, мм.

Длину пуансона-волновода 3 и волновода-выталькивателя 11 определяли по известным зависимостям.

Зависимость длины L формообразующей части матрицы от длины λ волны и диаметра d матрицы под формуемую деталь находили экспериментально.

Устройство работает следующим образом. Предварительно нагретую термореактивную композицию [1] загружают в матрицу 7, в которую помещена нагретая восстанавливаемая деталь 15. На стадии низкого давления (например от 0 до 10 МПа) на материал через пуансон-волновод 3 воздействуют низкочастотными колебаниями с частотой 50 – 200 Гц и амплитудой 1–2 мм, возбуждаемыми, например, эксцентриковым вибратором 5. При достижении верхнего предела давления низкочастотные колебания прекращают и на деталь 15 через волновод-выталькиватель 11 от магнитострикционного преобразователя 12 подают ультразвуковые колебания с интенсивностью 70 – 110 Вт/см², причем давление при этом повышают до 55 – 60 МПа. При достижении верхнего предела на стадии высокого давления интенсивность колебаний снижают до 25 ± 5 Вт/см² и воздействуют ими одновременно на деталь 15 и термореактивную композицию до начала выдержки под давлением. После выдержки под давлением и отверждения термореактивной композиции деталь 15 при помощи волновода-выталькивателя 11 удаляют из матрицы.

В качестве источника ультразвуковых колебаний брали генератор УЗГ-10-22 с магнитострикционными преобразователями ПМС 15А-18. Низкочастотные колебания получали от обычного эксцентрикового механизма.

Таким образом ультразвуковое воздействие на полимерную композицию и деталь позволило увеличить адгезионную прочность с 18 МПа до 25 – 30 МПа. Кроме того, ультразвуковое воздействие улучшает формуемость, увеличивает плотность композиции, снижает водомаслопоглощение.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. № 1213661 СССР. Антифрикционная композиция / Дудчак В.П., Коляско И.В., Петров Ю. Н., Билой В.Л., Сандик А.М. Оpubл.15.11.85. Бюл № 46.
2. Дудчак В.П. Разработка технологий восстановления деталей сельскохозяйственной техники композиционными полимерными покрытиями: Дис. канд. тех. наук. Кишинев, 1985.
3. А. с. № 1263998 СССР. Способ нанесения полимерной композиции и устройство для его осуществления / Гаина А.В., Дудчак В.П., Коляско И.В., Петров Ю.Н. Оpubл.08.07.86. Бюл №29.

Поступила 18.02.03

Summary

The influence of technological parameters of pressing and ultrasonic fluctuations on adhesional durability of polymeric coverings is investigated in the paper. The investigation showed that the adhesional durability is changed in various parameters of pressing from 4 to 18,4 МПа, hardness HB from 74 to 188 МПа, destroying pressure on compression from 46 to 181 МПа, density from 1544 to 1694 kg/m³. The optimum modes of pressing are determined: the time of endurance under pressure – 0,8 min/mm, pressure – 54–75 МПа, temperature of pressforms – 438–463 К. Influence of ultrasonic fluctuations allowed to increase adhesional durability from 18 МПа to 25–30 МПа.