

Тетерина И.А., аспирант, вед. инж.,  
Любимый Н.С., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ОБРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ МЕТАЛЛ-МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОЙ ПЛОСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ПРЕСС-ФОРМЫ\*

Irinochka1611@rambler.ru

В статье приводится решение задачи обеспечения качества поверхностей смыкания металлополимерных пресс-форм. Авторами представлены результаты экспериментальных исследований по обеспечению требуемой шероховатости металлополимерных формообразующих. Дано обоснование выбора метода шлифования, как наиболее приемлемого для обеспечения качества металлополимерных поверхностей.

**Ключевые слова:** Металлополимер, формообразующая деталь, шлифование, шероховатость, пресс-форма, обработка поверхности.

В современном конкурентном мире компании, занятые в области переработки пластмасс, постоянно совершенствуют методы переработки, оборудование, материалы и технологическую оснастку с целью сделать производственный процесс наиболее технологичным [1]. В единичном и мелкосерийном производстве наибольшую долю в себестоимости изготовления изделия занимает стоимость изготовления технологической оснастки, а именно стоимость изготовления пресс-форм. Современные технологии ускоренной подготовки производства описаны в [2]. Исследования полученные отечественными учеными [3, 4] показывают, что одним из наиболее перспективных направлений в инструментальной промышленности при изготовлении пресс-форм для мелкосерийного литья термопластов, является изготовление комбинированной металл-металлополимерной оснастки. Применение комбинированной оснастки с фор-

мообразующими деталями из термостойкого металлополимера позволяет существенно ускорить сроки изготовления формирующего инструмента и снизить стоимость оснастки, а следовательно и стоимость конечного изделия. Однако на сегодняшний день технология изготовления комбинированной металл-металлополимерной оснастки является малоизученной, так в частности отсутствуют данные по обработке плоских комбинированных металл-металлополимерных поверхностей.

На рис. 1 показана схема комбинированной металл-металлополимерной формообразующей детали пресс-формы (матрица). Где, 1 – это металлическая часть пресс-формы, изготавливаемая из стали 40X13; 2 – металлополимерная часть (металлополимер WEIDLINGC) [5]; 3 – формообразующая поверхность; 4 – плоская поверхность смыкания пресс-формы.

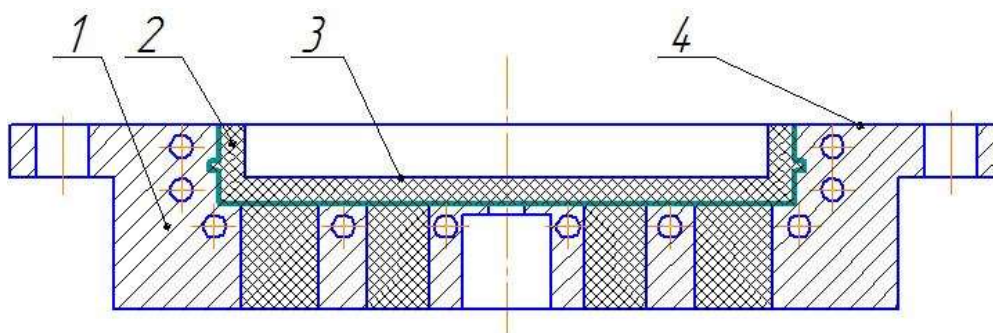


Рис. 1. Схема комбинированной металл-металлополимерной формообразующей детали пресс-формы.  
1 – металлическая часть; 2 – металлополимерная часть; 3 – формообразующая поверхность; 4 – поверхность смыкания пресс-формы

Для обоснования выбора метода обработки плоской комбинированной металл-металлополимерной поверхности смыкания пресс-формы проведем анализ обрабатываемых материалов, требований предъявляемых к обра-

батываемой поверхности и существующих методов обработки.

В табл. 1 показаны основные физико-механические свойства обрабатываемых материалов, необходимые при выборе метода обработки.

Таблица 1

## Свойства металлополимера WeidlingC и стали 40X13

Марка материала	Прочность, МПа. на сжатие;	Модуль Юнга, МПа	Твёрдость НВ	Температуростойкость до °С
WeidlingC	140	5800–6000	630	220
Сталь 40X13	1165–1700	2,14	229	400–450

К обрабатываемой поверхности предъявляются следующие требования. Плоскости плит имеют шероховатость поверхности не ниже 7-го класса чистоты [6], что соответствует не ниже Ra 1,25. По [7] шероховатость поверхности смыкания пресс-формы должна быть не ниже Ra 0,8. Допуск плоскостности опорных плоскостей плит, плоскостей разъема пресс-форм должен соответствовать 6-й степени точности [8] (для размеров 250–400 – 16 мкм). Помимо этого опорные поверхности воспринимают усилия смыкания, удерживая полуформы в замкнутом состоянии, уплотняют и герметизируют полость формы.

Проанализируем виды обработки плоских поверхностей деталей из стали.

Строгание позволяет достигать приемлемого качества обработки поверхностей заготовок, их размерную точность и шероховатость поверхности. Потеря времени при холостых ходах делает строгание менее производительным методом обработки.

Шабрение является слесарной операцией плохо поддающейся механизации, которой можно достигнуть высокой размерной точности (0,003–0,01 мм) и шероховатости (Ra 0,63 мкм) поверхности. Однако из-за высокой трудоемкости обработки деталей шабрением, связанной со сложностью контроля плоскостности поверхности (по числу пятен приходящихся на единицу обрабатываемой поверхности) и наличием ручного труда, такой вид обработки поверхности не является предпочтительным.

Альтернативой ручному шабрению является чистовое (шабрящее) фрезерование. Шабрящее фрезерование производят при высокой скорости резания (200–300 м/мин), но при малой подаче (0,05–0,15 мм/об), поэтому производительность получается низкой, не смотря на применение высокой скорости резания. Шабрящее фрезерование обеспечивает шероховатость поверхности стальных и чугунных заготовок до Ra 0,32–1,25 мкм, а заготовок из бронзы и алюминиевых сплавов – до Ra 0,16–0,32 мкм, достигаемое отклонение от плоскостности соответствует 0,02–0,03 мм. Чистовое фрезерование алюминиевых сплавов осуществляют однозубыми фрезами, а черных и цветных металлов и сплавов –

двухзубыми ступенчатыми, при этом применяется широкая режущая кромка реза.

Тонкое торцевое фрезерование так же позволяет достичь параметров точности, шероховатости и плоскостности поверхности смыкания пресс-формы. Высокоскоростное фрезерование (HSC) наиболее перспективный и производительный способ обработки поверхностей. Однако технология HSC требует современного оборудования с высоким числом оборотов шпинделя, а так же дорогостоящего износостойкого инструмента. Следует так же отметить, что основной идеей высокоскоростной обработки резанием является достижение в зоне резания достаточно высокой температуры и снижения сил резания, тепло при этом отводится вместе со стружкой. Такое условие накладывает ограничения при обработке материалов имеющих низкую теплопроводность, так как при обработке материалов имеющих низкую теплопроводность возможна термо-окислительная деструкция [9] материала.

Протягивание является не технологичным методом обработки заготовок машин для единичного и мелкосерийного производства, так как требует изготовления дорогостоящего специального режущего инструмента [11].

Обработка плоских поверхностей смыкания пресс-форм плоским шлифованием периферией круга отвечает требованиям по точности, шероховатости и взаимному расположению поверхностей, но из-за ограничений по глубине резания не относится к высокопроизводительным видам обработки.

Проведенный эксперимент по шлифованию полимерно-композиционного материала WEIDLINGC показал, что при скорости резания 50 м/с кругом 25A при глубине резания от 0,01 до 0,1 и на всем диапазоне скоростей перемещения стола станка 3Б722 от 2 до 40 м/мин, температура в зоне резания не превышает температуры 50 °С, что значительно ниже температуростойкостиметаллополимера равной 220 °С. Измерение температуры производилось тепловизором FlukeTi400. На рис. 2 изображена диаграмма измерения температурных полей при шлифовании металлополимерного образца WeidlingC: глубина резания 0,1 мм, скорость перемещения стола 9 м/мин, максимальная темпе-

ратура в зоне резания при этом соответствует 35,2 °С.

Для удобства представим данные по точности, шероховатости и взаимному расположению

поверхностей при различных видах обработки в табл. 2.



Рис. 2. Диаграмма температурных полей при шлифовании металлополимера WeidlingC

Таблица 2

#### Виды обработки плоских поверхностей деталей и достигаемые параметры

Вид обработки	Достижимая шероховатость, Ra мкм.	Квалитет допуска размера при обработке.	Плоскостность поверхности, достигаемая степень точности
Строгание (долбление) тонкое	0,32-1,6	8	5-6-7
Торцевое фрезерование (тонкое)	0,32-1,25	7	4-5-6
Высокоскоростное фрезерование HSC	0,8-1,6	6-8	6-7
Протягивание	0,32-1,25	6	3-4-5
Плоское шлифование (чистовое)	0,32-1,6	7	4-5-6

Анализ видов обработки показывает, что заданные параметры (размерная точность, шероховатость, плоскостность) для поверхностей смыкания пресс-форм можно достичь различными методами, однако остается вопрос обработки комбинированной металл-металлополимерной поверхности. Можно сделать вывод, что при выборе вида механической обработки плоской комбинированной металл-металлополимерной поверхности смыкания пресс-формы основным критерием является возможность одновременной обработки двух материалов с различными физико-механическими свойствами, в частности различным модулем Юнга и теплопроводящими свойствами. В табл. 3 описаны недостатки и выявлена целесообразность совместной обработки стали 40X13 (сталь) и металлополимера WeidlingC

(полимерно-композиционный материал ПКМ) различными видами обработки.

Анализ табл. 3 показывает, что для обработки комбинированных металл-металлополимерных плоских поверхностей смыкания пресс-форм при обеспечении заданной размерной точности, шероховатости, технологичности и плоскостности, наилучшим образом соответствует плоское шлифование периферией круга. Это обусловлено отсутствием ударных воздействий при врезании в металлополимер, имеющий высокое значение модуля упругости, которые могут привести к сколам и браку формирующей поверхности, а также низкой температурой в зоне резания, что исключает термо-окислительную деструкцию металлополимерной поверхности.

Таблица 3

**Определение возможности совместной обработки Weidling C и стали 40X13**

Вид обработки	Особенности обработки полимерно-композиционного материала ПКМ	Целесообразность использования
Строгание (долбление) тонкое	В момент врезания в часть детали из ПКМ на скорости резания для стали возможны сколы из-за разных значений модуля Юнга материалов	Не целесообразен
Торцевое фрезерование (тонкое/шабрающее)	Для обработки ПКМ и стали используют инструмент с различным числом зубьев, так же из-за разных значений модуля Юнга материалов возможны сколы при врезании в ПКМ. Заданные значения шероховатости для материалов достигаются на различных скоростях резания	Не целесообразен
Высокоскоростное фрезерование HSC	Высокие температуры при обработке требуют высокой теплопроводности обрабатываемого материала. У ПКМ теплопроводность значительно ниже чем у стали. Заданные значения шероховатости для материалов достигаются на различных скоростях резания	Не целесообразен
Протягивание	Обработка не технологична при мелкосерийном и единичном производстве	Не целесообразен
Плоское шлифование (чистовое)	Может быть использован для совместной обработки ПКМ и стали на одинаковых скоростях резания [10].	Целесообразен

*\*Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по Соглашению №14.577.21.0193 от 27 октября 2015 г. «Разработка роботизированного комплекса для реализации полномасштабных аддитивных технологий инновационных материалов, композитов, конструкций и сооружений».*

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Чепчуров М.С., Погонин А.А., Схиртладзе А.Г. Модернизация машин для литья термопластов на базе персональных компьютеров // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2007. №5. С. 7–14.
2. Менгес Г., Микаэли В., Морен П. Как делать литьевые формы. СПб.: Профессия, 2007. 614 с.
3. Першин, Н.С., Чепчуров М.С. Изготовление формообразующих деталей пресс-форм из композиционных материалов // Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. №6. С. 76-81.
4. Першин, Н.С., Чепчуров М.С. Использование металлополимеров в пресс-формах для литья пластмасс // Вестник сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. №4. С. 86–90.

5. Мини-каталог химии WEICON. М.: Издательство «Офис ЮМП», 2013. 20 с.

6. Владимиров, В.М. Изготовление штампов, пресс-форм и приспособлений: Учебник. М.: Высшая школа, 1974. 431 с.

7. ГОСТ 27358-87. Пресс-формы для изготовления изделий из пластмасс. Общие технические условия. М.: Издательство стандартов, 2004. 16 с.

8. ГОСТ 24643-81. Допуски формы и расположения поверхностей. М.: Издательство стандартов, 2004. 10 с.

9. Фролов К.В. Технология изготовления деталей машин (МЭ том 3). М.: Изд. Машиностроение, 2000. 840 с.

10. Андреев А.С., Шубина К.О., Вольфов Д.Ю., Янковская Н.Ф., Филлипов Ю.А. Высокоскоростная обработка термопластов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2015. Т.1. №11. С. 17–19.

11. Иващенко Ю.Г., Фомина Н.Н., Полянский М.М., Пименов С.А. Разработка составов композиционных материалов на основе смешанных термопластичных полимерных отходов/ Интеллектуальные строительные композиты для зеленого строительства : сб. материалов международной научно-практической конференции, посвященная 70-летию заслуженного деятеля науки РФ, члена РААСН, доктора технических наук, профессора Валерия Станиславовича Лесовика. 2016. С. 327–332.

---

**Teterina I.A., Lubimyi N.S.**

**METAL-METAL/POLYMER FLAT SURFACE PROCESSING OF SHAPING PART OF MOLD**

*The paper proposes a solution to the problem of a quality assurance of jointing surfaces of metal-polymer molds. The results of experimental research for achieving the required roughness of metal-polymer shaping part are presented by the authors. The justification for selection of processing method of grinding as the most appropriate to ensure the quality of metal-polymer surfaces are given in the paper.*

**Key words:** *Metal polymer, shaping part, grinding, roughness, mold, surface processing.*

---

**Тетерина Ирина Александровна**, аспирант, ведущий инженер кафедры технологии машиностроения.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: mssh@mail.ru

**Любимый Николай Сергеевич**, аспирант кафедры технологии машиностроения.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ogenin@mail.ru