

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЗАНИЕМ ПО СХЕМАМ ЧАСТИЧНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

В.А. ДАНИЛОВ

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Рассмотрены пути уменьшения отклонений обработанной поверхности от номинальной без снижения производительности в схемах частичного формообразования за счет оптимизации формы контакта инструмента с заготовкой и схемы срезания припуска.

Формообразование поверхности осуществляется в результате срезания с заготовки режущими лезвиями слоя металла, каждым из которых создается элементарная поверхность. Множество элементарных поверхностей образует обработанную поверхность, а их огибающая представляет номинальную поверхность изделия. Режущие кромки инструмента, контактируя в процессе обработки с номинальной поверхностью, осуществляют ее полное или частичное формообразование. Отклонения обработанной поверхности от номинальной в виде не срезанной части припуска, характеризуют точность формообразования и шероховатость обработанной поверхности, поэтому практическое значение имеет минимизация этих отклонений без снижения производительности обработки.

Образующие номинальной и элементарных поверхностей могут существенно различаться по форме, что обуславливает погрешность формообразования в виде выступов над номинальной поверхностью. Например, при обработке зубчатых колес червячной фрезой вместо образующей номинальной поверхности боковых поверхностей зубьев в виде эвольвенты формируется ломаная линия с количеством составляющих ее отрезков, равным числу зубьев фрезы, что вызывает образование огранки обработанной поверхности, удаляемой шевингованием или иным методом.

Высота отклонений зависит от формы указанных образующих (выпуклая, вогнутая, прямая линия) и расстояния l между точками их контакта (таблица 1). В приведенных приближенных зависимостях: R – радиус кривизны образующей номинальной поверхности; r – радиус кривизны образующей элементарной поверхности; $c = 0.125$. При обработке сложных поверхностей строчками (рисунок 1) расстояние l определяет межстрочечную подачу, от которой пропорционально зависит производительность формообразования (площадь поверхности, обрабатываемая в единицу времени).

Таблица 1. – Погрешность формообразования при различных формах контакта производящих линий

Форма образующей номинальной поверхности	Форма образующей элементарной поверхности		
	выпуклая	вогнутая	прямая
	Погрешность формообразования Δ		
выпуклая	$cl^2 \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)$	$cl^2 \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right)$	$\frac{cl^2}{r}$
вогнутая	$cl^2 \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right)$	$-cl^2 \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{r} \right)$	$-\frac{cl^2}{r}$
прямая	$\frac{cl^2}{R}$	$-\frac{cl^2}{R}$	0

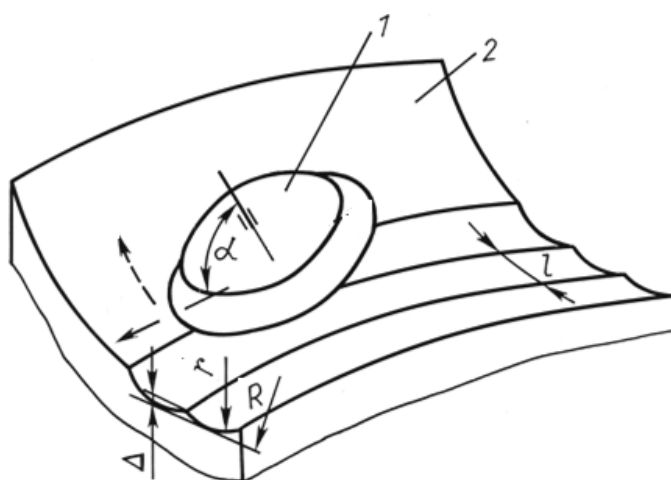


Рисунок 1. – Схема формообразования сложной поверхности строчками

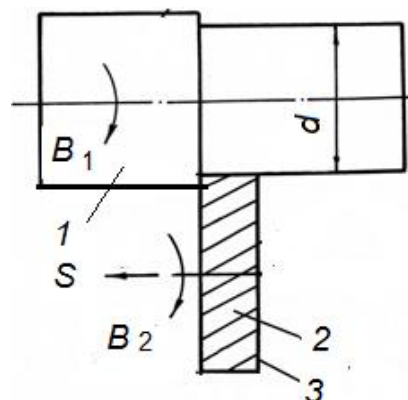
Учитывая, что $1/R$ – это кривизна K_1 образующей номинальной поверхности, $1/r$ – кривизна K_2 образующей элементарной поверхности, получим обобщенную для всех схем зависимость $\Delta = 0.125l^2 (K_1 + K_2)$ (1), где для выпуклых образующих кривизна K – величина положительная, а для вогнутых – отрицательная.

Из уравнения (1) следует, что повышение точности формообразования (уменьшение высоты отклонений Δ) возможно за счет межстрочечной подачи l , что, нерационально, т.к. связано с уменьшением производительности. Другой путь решения этой задачи – минимизация значения $K_1 + K_2$, что обеспечивается оптимизацией формы контакта образующих элементарных и номинальной поверхностей, в частности, за счет управления в процессе обработки кривизной K_2 образующих элементарных поверхностей. Например, в схеме обработки сложной поверхности наклоненной торцевой фрезой 1 (см. рисунок 1) это обеспечивается стабилизацией угла α наклона ее оси к направлению подачи относительно заготовки 2, т.к. кривизна образующей поверхности строчки зависит от этого угла. Такая схема обработки реализуется на фрезерных станках с ЧПУ.

На многооперационных токарных и фрезерных станках цилиндрические круглые и некруглые поверхности часто обрабатывают вращающимися многолезвийными инструментами. При реализуемой схеме срезания припуска режущие лезвия контактируют

с номинальной поверхностью прерывисто, вследствие чего имеет место частичное формообразование поверхности с образованием огранки на обработанной поверхности. Эффективным методом уменьшения ее высоты является совмещение схем частичного формообразования поверхности за счет многократного ее профилирования в цикле обработки. На рисунке 2 представлена такая схема обработки на заготовке 1 цилиндрической поверхности многолезвийным вращающимся инструментом 2 с винтовыми режущими кромками 3. Вращение B_2 инструмента осуществляется со скоростью резания, а вращение B_1 заготовки – со скоростью круговой подачи. Относительное перемещение S инструмента и заготовки обеспечивает формирование поверхности по длине.

Рисунок 2. – Схема обработки цилиндрической поверхности многолезвийным инструментом



Благодаря винтовой форме режущих кромок профиль номинальной поверхности (окружность диаметром d), формируется в цикле обработки несколькими повернутыми относительно друг друга многоугольниками с криволинейными сторонами. Таким образом, в каждом поперечном сечении изделие профилируется несколько раз, и поэтому многократно уменьшается высота огранки по сравнению со схемой однократного профилирования обработанной поверхности.