

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 621.914

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ КОНЦЕВЫМИ ФРЕЗАМИ

Усачев П. А., Даценко М. А.

Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

В статье рассмотрены вопросы расчета высоты микронеровностей поверхностей корпусных деталей, обрабатываемых концевыми фрезами. Приведены результаты исследований шероховатости поверхностей, получены зависимости параметра R_a шероховатости от обрабатываемого и инструментального материалов, параметров режимов обработки. Даны рекомендации по заточке торцевых зубьев. Полученные расчетные высоты неровностей и измеренные после обработки концевой фрезой позволяют в зависимости от заданного параметра шероховатости поверхности на рабочем чертеже детали назначать геометрию заточки рабочей части концевой фрезы и параметры процесса фрезерования.

Ключевые слова: *обрабатываемость, шероховатость, концевая фреза.*

Введение

Обработка титановых сплавов резанием в настоящее время занимает значительный объем при механической обработке многих деталей. Этому способствует необходимость использовать ценные физические, химические и механические свойства титановых сплавов. Однако низкая обрабатываемость титановых сплавов сдерживает широкое их внедрение в промышленность. Поэтому накопление опыта и изучение процесса обработки титановых сплавов резанием продолжают оставаться актуальной задачей. Опубликованные работы по обрабатываемости титановых сплавов резанием в основном посвящены вопросам обработки точением, сверлением, торцевым фрезерованием и др. Сведения по фрезерованию титановых сплавов концевыми фрезами, которое является преобладающим при обработке на фрезерных станках с числовым программным управлением (ЧПУ), незначительны и требуют уточнения и расширения. Процесс автоматической обработки на станках с ЧПУ предъявляет высокие требования к размерной стойкости концевых фрез, качеству и точности обработанных поверхностей. Целью настоящей статьи является расчет и исследование микронеровностей поверхностей деталей, обрабатываемых концевыми фрезами.

Расчет высоты микропрофиля поверхности

При работе концевой фрезой можно обрабатывать одновременно две-три поверхности корпусной детали [1]: одна – торцевыми зубьями и одна-две – боковыми. На рис. 1 приведена схема расчета высоты h_{p1} микропрофиля при работе торцевыми зубьями. Для простоты расчета торцевые зубья фрезы взяты

без переходных режущих кромок. Из схемы расчета определяется высота неровностей h_{p1} .

$$\begin{aligned} a &= h_{p1} * \operatorname{ctg} \varphi_1; \quad b = h_{p1} * \operatorname{ctg} \varphi; \\ S_z &= a + b = h_{p1} (\operatorname{ctg} \varphi_1 + \operatorname{ctg} \varphi); \\ h_{p1} &= \frac{S_z}{\operatorname{ctg} \varphi_1 + \operatorname{ctg} \varphi}; \end{aligned} \quad (1)$$

где φ и φ_1 – главный и вспомогательный углы в плане торцевых зубьев фрезы; S_z – подача на один зуб фрезы, мм/зуб.

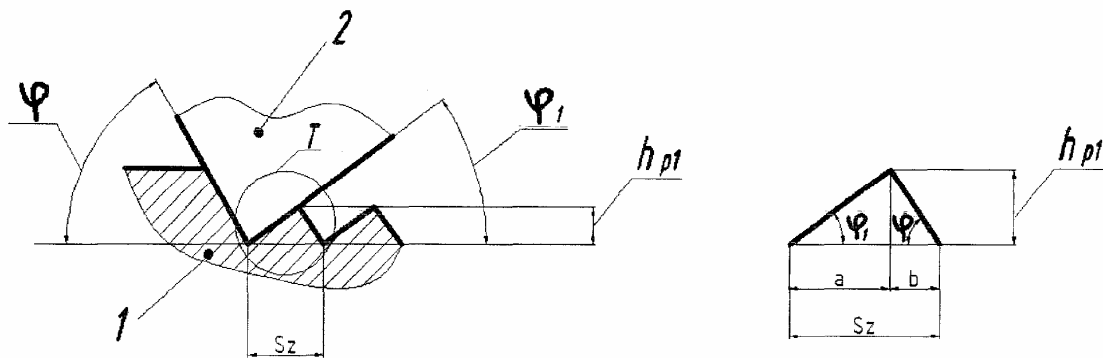


Рис 1. Схема расчета высоты неровностей от торцевых зубьев фрезы:
1 – обрабатываемая деталь; 2 – торцевой зуб фрезы.

При расчете высоты неровностей, когда в образовании поверхности детали участвует лишь вершинная режущая кромка, выполненная в виде закругления радиусом r , можно использовать формулу:

$$h_{p1} = \frac{S_z}{8r}; \quad (2)$$

На рис. 2 показана схема образования неровностей от боковых зубьев фрезы. Расчет высоты неровностей h_{p2} , оставленных боковыми зубьями фрезы можно вести по формуле:

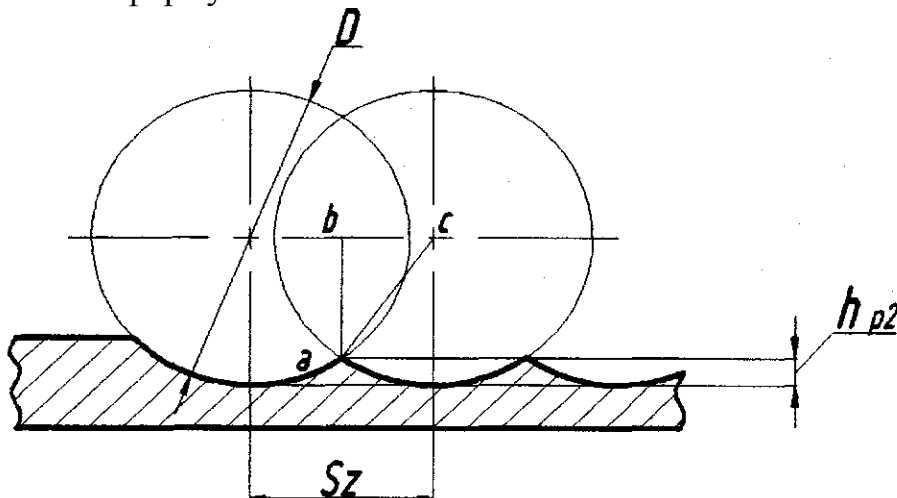


Рис. 2. Схема образования микропрофиля боковыми зубьями фрезы

$$h_{p2} = \frac{1}{2}(D - \sqrt{D^2 - S_z^2}); \quad (3)$$

где $ac = \frac{D}{2}$; $bc = \frac{S_z}{2}$; $bc = \frac{1}{2}\sqrt{D^2 - S_z^2}$; D – диаметр фрезы, мм; S_z – подача на 1 зуб, мм/зуб;

Если на торцевых зубьях фрезы сделать вспомогательный угол в плане равным нулю $\phi_1 = 0$, а длину вспомогательной режущей кромки на 25-30% больше подачи на один оборот фрезы, то никаких неровностей на обработанной торцом фрезы поверхности детали не должно быть ($h_{p1} = 0$). Это необходимо учитывать при выборе геометрии рабочей части фрез, предназначенных для чистовой обработки.

Действительные высоты профилей микронеровностей обработанных поверхностей значительно отличается по форме и размерам от расчетных или теоретических профилей. Это отличие является результатом воздействия на процесс обработки целого ряда факторов: физико-механических свойств обрабатываемого материала и его пластических деформаций в зоне стружкообразования; трения задних поверхностей зубьев фрезы о поверхности резания и обработанную; неровностей режущих кромок зубьев; параметров процесса фрезерования и свойств применяемых смазочно-охлаждающих средств.

Учитывая, что $h_{p2} < D$, расчетное значение высоты неровностей на стенках детали можно определить по упрощенной формуле:

$$h_{p2} = \frac{S_z^2}{4D}. \quad (4)$$

Расчетные и действительные высоты неровностей [2] на поверхностях деталей после обработки концевой фрезой уменьшаются при уменьшении подачи на зуб, углов в плане и увеличении скорости резания и радиуса переходной режущей кромки зубьев фрезы или диаметра фрезы.

На рис. 3 и рис. 4 приведены зависимости параметра R_a шероховатости поверхности от скорости резания, подачи, инструментального и обрабатываемого материалов.

Исследования показывают, что глубина резания t и передний угол γ зубьев фрезы оказывают незначительное влияние на высоту неровностей. Повышение твердости и уменьшение пластичности обрабатываемого материала приводят к уменьшению действительных значений высот неровностей и приближению их к расчетным.

Влияние скорости резания на высоту неровностей зависит от склонности обрабатываемого материала к наростообразованию. Если материал не склонен к наростообразованию, то по мере увеличения скорости резания высота неровностей уменьшается. В случае образования нароста при увеличении скорости резания нарост исчезает, и высота неровностей уменьшается. Для получения низкой шероховатости обработанной поверхности необходимо

работать со скоростями резания, которые превышают скорости, соответствующие исчезновению нароста.

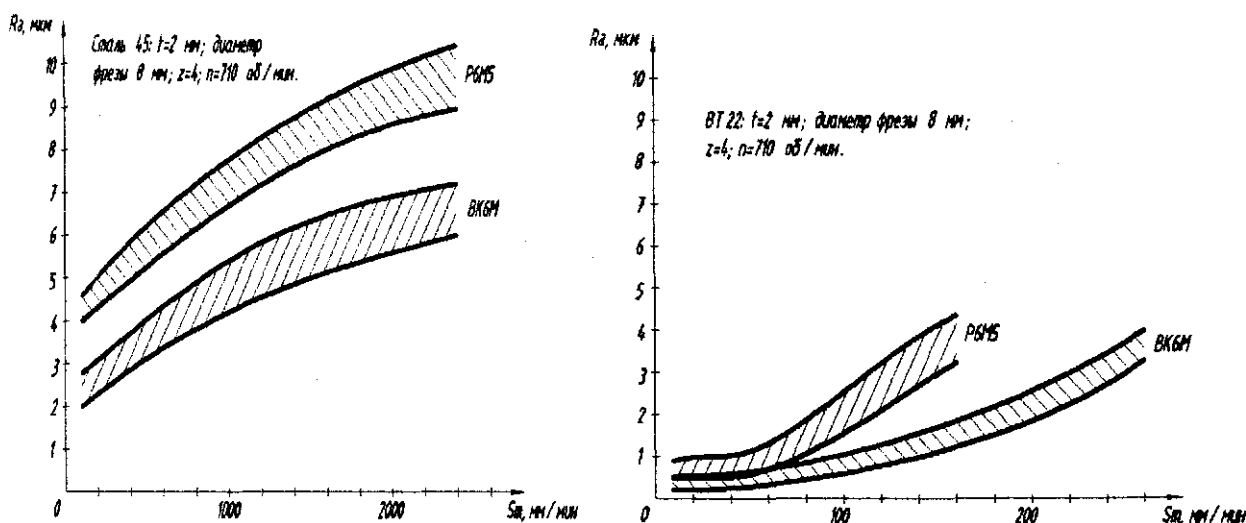


Рис. 3. Зависимость шероховатости поверхности при фрезеровании концевыми фрезами от подачи, инструментального и обрабатываемого материалов

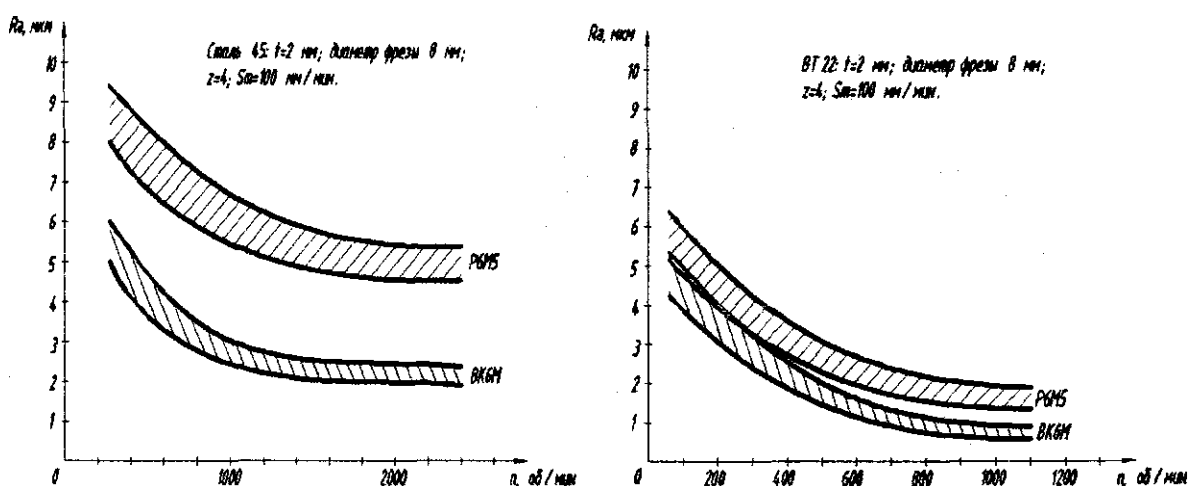


Рис. 4. Влияние скорости резания, инструментального и обрабатываемого материалов на шероховатость при фрезеровании концевыми фрезами

Применение смазывающе-охлаждающих технологических средств (СОТС) уменьшает высоту неровностей. Влияние СОТС на шероховатость обработанной поверхности наиболее заметно при малых скоростях резания.

На основании статистической обработки опытных данных установлена численная связь между параметром R_a шероховатости обработанной поверхности и важнейшими параметрами процесса фрезерования концевой фрезой в виде приближенных эмпирических формул [3]. Формулы имеют вид для параметра R_a шероховатости:

- при фрезеровании боковыми зубьями

$$R_a = \frac{C_R * S_Z^{Y_R} * t^{X_R}}{D^{KR}}; \quad (5)$$

- при фрезеровании торцевыми зубьями

$$R_a = C_R * S_Z^{Y_R}; \quad (6)$$

где C_R – коэффициент, зависящий от свойств обрабатываемого материала;

X_R и Y_R – показатели степени.

Параметр шероховатости R_a и точность обработки при концевом фрезеровании колеблется в зависимости от параметров режима резания, вида фрезерования и марки обрабатываемого материала. Параметры шероховатости поверхности, которые могут быть получены при концевом фрезеровании, указаны в таблице.

Таблица 1. Шероховатость поверхностей и точность

Вид фрезерования	Глубина резания t , мм	Подача на один зуб S_z , мм/зуб	Параметр R_a , мкм	Уровень точности обработки (калитеты)
черновое	до 3	0,02-0,2	25 -12,5	14 – 12
чистовое	до 2	0,04-0,15	6,3-3,2	11 – 10
тонкое	до 0,5	0,02 - 0,04	1,6	9, 8

Примечание: Параметры шероховатости приведены для стали. Для алюминия и алюминиевых сплавов параметры следует выбирать по меньшему значению; для сплавов на медной основе – параметры, указанные для стали.

Выводы

Полученные расчетные высоты неровностей и измеренные после обработки концевой фрезой позволяют в зависимости от заданной на рабочем чертеже детали параметра шероховатости поверхности назначать геометрию заточки рабочей части концевой фрезы и параметры процесса фрезерования.

Дальнейшие исследования направлены на создание математической модели шероховатости поверхности при обработке концевой фрезой.

Литература:

1. Усачев П. А. Пособие по повышению квалификации фрезеровщиков / П. А. Усачев, В. А. Румбешта, В.А. Крючков. – К.: Техника, 1983. – 216 с., ил.
2. Усачев П. А. Справочник фрезеровщика. – К.: Техника, 1988. – 136 с., ил.
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания фрезами с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин. – М.: НИИМАШ, 1984. – 58 с.

*Надійшла до редакції
15 червня 2010 року*

© Усачев П. А., Даценко М. А., 2012