



ВИНОГРАДОВ
Дмитрий Вячеславович
кандидат технических
наук, доцент кафедры
«Инструментальная
техника и технологии»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Определение обрабатываемости материалов по себестоимости и производительность обработки

Д.В. Виноградов

Рассмотрен вопрос образования геометрической шероховатости при цилиндрическом фрезеровании плоскостей, выпуклых и вогнутых поверхностей со встречной и попутной подачей. Показано, что высоты остаточного сечения при встречном фрезеровании меньше, чем при попутном, при фрезеровании вогнутых поверхностей — больше, чем при фрезеровании вогнутых поверхностей. Это обусловлено формой траектории движения режущей кромки.

Ключевые слова: обрабатываемость, показатели обрабатываемости, себестоимость обработки, производительность обработки.

The article deals with the geometrical surface roughness created by cylindrical conventional milling and climb milling of plane, convex and concave surfaces. A surface roughness height in the cylindrical conventional milling is smaller compared to the climb milling, also it is smaller in milling of concave surfaces. Such results are explained by the form of the cutting-edge trajectory.

Keyword: workability, workability indicators, processing cost price, processing productivity.

Обрабатываемость материалов резанием — одно из важнейших технологических свойств, характеризующее совокупность качеств материала. Это противоречивое понятие. С одной стороны (по определению), обрабатываемость характеризует способность материала поддаваться обработке режущими инструментами. С другой стороны, можно сказать, что обрабатываемость металлов резанием отражает совокупность свойств металлов, которые ограничивают производительность обработки, вызывают затруднения при получении необходимой точности и качества обработанной поверхности, требуют для обработки специальных приспособлений и вносят другие трудности в обработку заготовок.

Различают обрабатываемость лезвийными и абразивными инструментами (шлифуемость), обрабатываемость методами физико-химической обработки и др. Преобладающее положение лезвийной обработки в структуре современного машиностроения обусловило наибольшее развитие методов определения обрабатываемости для лезвийной обработки, причем большинство этих методов разработаны для оценки обрабатываемости только металлов.

Анализ литературных источников, посвященных обрабатываемости [1–4], показал, что понятие обрабатываемости не имеет строгого определения. Разные исследователи понимают под этим термином различные величины и используют разные показатели обрабатываемости (ПО). В качестве ПО используют различные параметры, такие как стойкость режущего инструмента, сила резания, шероховатость поверхности и др. Выбор того или иного ПО зависит от потребностей производства и его целей. Например: при условиях дефицита какого-нибудь вида режущего инструмента следует выбирать ПО, обеспечивающие снижение его расхода (максимум стойкости); при условии интенсификации обработки — показатели, обеспечивающие максимальную скорость резания; при условии нежесткой детали — заготовки резания; при проблемах с удалением стружки — показатели стружкодробления; при высоких требованиях к качеству обработанной поверхности — шероховатость и глубину дефектного слоя и т. д.

Следует отметить, что обрабатываемость, определенная по одному показателю, не соответствует обрабатываемости, определенной по другому показателю (например, материал, имеющий хорошую обрабатываемость по критерию стойкости инструмента, может иметь плохую обрабатываемость по показателю качества обработанной поверхности и наоборот), что является большим недостатком применяемых методов определения обрабатываемости.

Процесс обработки резанием — чрезвычайно сложный физико-химический процесс, зависящий от большого числа факторов (Φ_i): вид обработки, параметры режима резания, сочетание инструментального и обрабатываемого материалов, геометрические параметры режущего инструмента, технологические условия и др. Результатом воздействия этих факторов на процесс резания являются различные механизмы взаимодействия инструмента и обрабатываемого материала, а также широкий спектр давлений и температур, действующих в зоне резания, что обуславливает сильную зависимость значения показателя обрабатываемости материала от условий обработки (рис. 1). Поэтому нельзя гово-



Рис. 1. Схема влияния условий обработки на показатели обрабатываемости

рить об обрабатываемости «вообще» без указания особенностей производимой операции. При определении обрабатываемости материала необходимо четко указывать применяемый вид обработки, инструментальный материал, параметры режима резания (или диапазон их изменения) и т. д.

При использовании известных на сегодняшний день ПО на процесс резания накладываются некоторые (и часто весьма большие) ограничения. Большинство оценок обрабатываемости приходится проводить на одной технологической операции в одинаковых условиях для одинаковых режущих инструментов, изготовленных из одного и того же инструментального материала. Другими словами, ПО оценивают не свойства обрабатываемого материала подвергаться обработке вообще, а способность подвергаться вполне конкретной обработке во вполне конкретных условиях.

Зависимость ПО от условий обработки можно выразить функцией в многомерном (по количеству факторов) пространстве факторов обработки:

$$ПО = f\{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_i, \dots, \Phi_n\},$$

т.е. показатель обрабатываемости — это поверхность, имеющая максимумы и минимумы. Для оценки обрабатываемости надо определить максимумы (или минимумы) функции выбранного ПО и найти среди них наибольший (или наименьший). Но, к сожалению, в большинстве случаев ПО в широком диапазоне условий обработки не изучаются. Ограничиваются лишь влиянием одного фактора, остальные факторы полагают

неизменными. При этом ПО теряют инвариантность — независимость от условий обработки — возможное изменение подачи и глубины резания, марки инструментального материала, вида операции, СОТС и других факторов приведет к изменению ПО.

В качестве примера рассмотрим получение гипотетического ПО некоторого материала. В качестве ПО используем стойкость режущего инструмента, а в качестве факторов обработки — скорость резания (фактор Φ_1) и свойства инструментального материала (фактор Φ_2). Остальные факторы, действующие на процесс резания считаем постоянными ($\Phi_3, \Phi_4, \dots, \Phi_n = \text{const}$). Введя ограничения на все факторы кроме двух, мы сумели преобразовать многомерную поверхность функции ПО в двумерную.

Если ввести ограничение на инструментальный материал, то двумерная функция ПО преобразуется в одномерную (только от скорости резания), функцию, которая является сечением двумерной поверхности. Не трудно заметить, что выбор инструментального материала определяет место сечения и, следовательно, вид одномерной функции ПО. Гипотетический пример двух функций ПО для разных инструментальных материалов приведен на рис. 2.

К сожалению, при определении большинства ПО многомерные (и даже одномерные) функции не используют. На практике чаще всего оперируют показателями относительной обрабатываемости, определяемыми как отношение параметров обрабатываемости, достигаемых в одинаковых условиях обработки ($\Phi_i = \text{const}$) — $K = \text{ПО}_3 / \text{ПО}_1$. Функции ПО при этом вырождаются

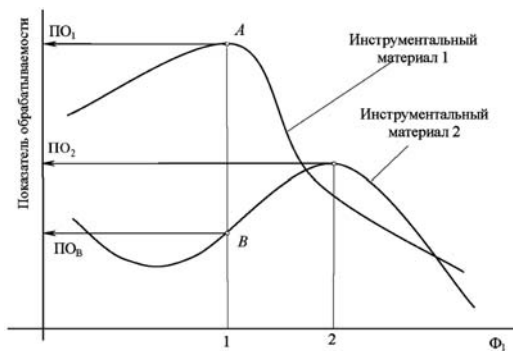


Рис. 2. Схема определения показателей обрабатываемости

в точки (точки A и точки B на рис. 2), что сильно сужает область поиска лучшей обрабатываемости. Таким способом определяют, например, обрабатываемость по скорости резания, обеспечивающей заданную стойкость.

Исходя из определения обрабатываемости, можно сказать, что обрабатываемость показывает то, насколько трудно (сложнее, дольше, дороже и т. д.) обрабатывать материал. В современных условиях степень «трудности» обработки лучше всего характеризуют себестоимость и производительность обработки — материал с пониженной обрабатываемостью обрабатывается с меньшей производительностью и с большими материально-техническими затратами. Другими словами, обрабатываемость материалов резанием определяет производительность и себестоимость обработки. Поэтому предлагается использовать в качестве ПО две величины — минимум себестоимости и максимум производительности обработки. Эти показатели не имеют указанных выше недостатков и позволяют:

- рассчитать значения «абсолютной» обрабатываемости, не зависящей от условий обработки;
- сравнить обрабатываемость конструкционных материалов при обработке в различных условиях — на разных технологических операциях, с различными параметрами режима резания, разными инструментами, с использованием различных станков и приспособлений;
- определить относительную обрабатываемость материалов, рассчитав отношение себестоимости (производительности) обработки исследуемого материала к себестоимости (производительности) обработки эталонного материала:

$$K_c = C_2 / C_1 \quad (K_p = P_1 / P_2).$$

Кроме того, эти показатели отвечают потребностям производства, которое в современных условиях стремится иметь информацию о том «как дорого» или «как быстро» можно обработать данный конструкционный материал.

Использование себестоимости (производительности) обработки в качестве ПО позволяет

сравнивать обрабатываемость разных инструментальных материалов, полученных в различных условиях обработки. Эти величины можно считать показателями «абсолютной» обрабатываемости, так как минимальная себестоимость (максимальная производительность) получены при наилучших условиях.

Следует отметить, что некоторые ПО, применяемы в настоящее время, например, такой широко распространенный ПО как скорость резания, обеспечивающая заданную стойкость, тоже опосредованно учитывает себестоимость обработки, так как считается, что эта скорость наиболее экономически выгодна [1].

Из ПО по себестоимости и производительности путем введения некоторых ограничений легко получить другие, используемые в настоящее время ПО — по скорости, по стойкости и др. [5].

Универсальность предлагаемых ПО не вызывает сомнений, но при их использовании могут возникнуть ряд трудностей, связанных с получением многомерной функции ПО из-за большого числа факторов и, следовательно, большого числа необходимых экспериментов. Однако количество экспериментов можно значительно сократить, учтя то, что факторы, влияющие на процесс резания, на практике могут изменяться в ограниченных пределах, определяемых конкретными условиями производства. Так, параметры режима резания ограничены возможностями технологического оборудования, применением инструментального материала, организационно-экономическими возможностями и т. д.

Кроме того, скорость резания должна быть ограничена красностойкостью инструментального материала, шероховатостью поверхности, геометрией лезвийного инструмента и величиной подачи и т. д.

Вывод

Определение обрабатываемости материалов по себестоимости и производительности их обработки является наиболее общим ПО. Показатели обрабатываемости по себестоимости и производительности позволяют сравнивать обрабатываемость материалов при их обработке на различных технологических операциях, разными инструментами, с использованием различных вспомогательных и технологических приспособлений, а также при изменении других условий обработки.

Литература

1. Развитие науки о резании металлов / В.Ф. Бобров, Г.И. Грановский, Н.Н. Зорев и др. М.: Машиностроение, 1967. 416 с.
2. *Фельдштейн Э.И.* Методы определения обрабатываемости металлов. М.: Машгиз, 1946. 142 с.
3. Высокопроизводительное резание в машиностроении. М.: Наука, 1966. 348 с.
4. *Даниленко Б.Д.* Сравнительная обрабатываемость алюминиевых сплавов // СТИН. 2011. № 5. С. 15–18.
5. *Виноградов Д.В.* К вопросу определения обрабатываемости материалов // Наука и образование. Электронное научно-техническое издание Эл. № ФС77–30569. Гос. регистрация № 0420900025. ISSN 1994–0408. <http://technomag.edu.ru/doc/50645.html>.

Статья поступила в редакцию 15.11.2011