

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ В ПРОЦЕССАХ ШЛИФОВАНИЯ

А.А. Дьяконов

В производстве можно часто встретить заключение по обрабатываемости материала, сформированное в сравнительной постановке, например, материал плохо обрабатывается, так как происходит быстрый износ инструмента или не удастся получить заданную производительность по сравнению с обработкой другого материала. Такой подход к формулировке обрабатываемости положен и в основу ее традиционного понятия – характеризует способность материала поддаваться обработке режущим инструментом. Но в связи с тем, что в данном понятии отсутствует конкретный критерий оценки обрабатываемости разными исследователями, в зависимости от рассматриваемого параметра обработки, добавлялось пояснение: например, «обрабатываемость по шероховатости поверхности», «обрабатываемость по стойкости инструмента» и т. д. Однако такой подход имеет место только в том случае, если на операцию задается одно технологическое требование – ограничение.

В технологии машиностроения любой процесс обработки рассматривается не просто как снятие металла, а снятие заданного припуска при обеспечении конкретных технологических требований, выполнение которых напрямую связано с той или иной степенью обрабатываемости материала.

Концептуально новый подход к оценке обрабатываемости, как комплекса технологических факторов, предложен С.Н. Корчаком [1]. Рассмотрев этот комплекс, С.Н. Корчак выделил три обобщенных технологических фактора, определяющих обрабатываемость материалов при абразивной обработке. Сформированные технологические факторы и ограничение по предельно допустимому радиальному усилию позволил произвести количественную оценку обрабатываемости сталей в условиях круглого наружного шлифования при выполнении требований по точности обработки.

Однако, на практике, помимо одного из рассмотренных параметров качества – точность обработки, существует еще одно превалирующее ограничение – по отсутствию прижогов на обработанной поверхности, которое не учтено в рассмотренной выше концепции.

Это ограничение реализовано в общемашиностроительных нормативах режимов резания (ОМН) [2]. Однако только на уровне проверки назначенных режимов резания. По методике, заложенной в ОМН – формируются режимы резания, а потом идет их проверка по бесприжоговой мощности обработки и если это ограничение превышено, предлагается на выбор технолога изменять число оборотов детали или снижать величину минутной поперечной подачи. Другими словами фактических указаний на алгоритм коррекции отсутствует, а предлагаются факторы регулирования.

Однако существует и ряд других основных технологических требований, предъявляемых к изделиям, прошедшим операцию абразивной обработки, а именно: точность обработки; отсутствие прижогов; остаточные напряжения; наклеп; шероховатость шлифованной поверхности; износ шлифовального круга и т. д.

Такой большой набор ограничений, накладываемый на процесс, приводит к парадоксальной ситуации в отношении понятия обрабатываемости. Существует несоответствие между процессом шлифования, который должен рассматриваться при выполнении набора ограничений и понятием обрабатываемости, которое неразрывно связано с самим процессом, но характеризует лишь способность материала поддаваться обработке режущим инструментом.

Из этого следует, что для технологии машиностроения (теории и практики) понятие обрабатываемости, в том контексте, в котором оно существует в настоящее время, не имеет в принципе не физического, не технологического смысла. Ввиду этого нами предлагается ввести более точное и применимое как для практики, так и для теории технологии машиностроения понятие – технологической обрабатываемости материалов.

Под технологической обрабатываемостью материалов при абразивной обработке будет пониматься способность материала подаваться обработке абразивным инструментом с обеспечением всех требований к обработанной поверхности заготовки.

Исходя из основных требований, предъявляемых к готовой детали сформирован комплекс показателей, в зависимости от которого предлагается рассматривать технологическую обрабатываемость в процессах шлифования, оцениваемую по максимальной производительности – $\max\Pi$ [3]:

$$\max\Pi = \left\{ \begin{array}{l} P_y - \text{предельное значение радиальной составляющей силы резания;} \\ U - \text{предельное значение температуры в зоне контакта;} \\ U_x - \text{предельный градиент изменения температуры по глубине заготовки;} \\ E - \text{энергия необходимая для возникновения фазовых и структурных превращений;} \\ \text{grad}\sigma - \text{предельный градиент остаточных напряжений;} \\ Ra - \text{заданная шероховатость обработанной поверхности;} \\ l_3 - \text{предельное затупление абразивного инструмента;} \end{array} \right.$$

На основе анализа процесса сформирован набор учитываемых технологических факторов, от которых зависят величины параметров, входящих в комплекс и являющиеся для них аргументами.

Таким образом, сформирован комплекс технологических требований к обрабатываемости с учетом прямых технологических факторов – механические свойства материалов, степень жесткости оборудования, режимные параметры, параметры характеристики шлифовального круга и факторов внешнего воздействия. Вследствие этого, трансформируется и само понятие.

Технологическая обрабатываемость материалов в процессах шлифования – эффективность качественной обработки абразивным инструментом, оцениваемая по максимальной производительности в условиях выполнения заложенных технологических требований по всем параметрам качества обработки с учетом свойств технологической системы, режущего, обрабатываемого материала и факторов внешнего воздействия.

Реализация принципов оценки технологической обрабатываемости как многофакторной системы требует кардинального пересмотра существующих подходов к описанию шлифования.

Масштабность и обобщенность задачи потребовала произвести систематику существующих в настоящее время 56 видов шлифования. Это позволило сформировать три обобщенные конфигурации зоны контактного взаимодействия.

Математическое описание трехмерного температурного поля в зоне шлифования при полном учете кинематики процесса – скорости круга, заготовки, скоростей подачи, а также представлении процесса, как множественного микрорезания абразивными зернами приводит ко второй краевой задаче для уравнения теплопроводности в среде, движущейся со скоростью заготовки, и стохастическим множеством тепловых источников, пробегающих зону контакта круга с заготовкой со скоростью круга.

В основу решения данной задачи заложены следующие результаты: получена функция влияния единичного теплового источника, которая выражена через интегральную функцию ошибок – $\operatorname{erfc}(x)$ [4]; реализован расчет пространственного температурного поля заготовки, формируемого в результате множественного микрорезания единичных абразивных зерен [5]; на основе имитационного моделирования произведен учет главной особенности процесса абразивной обработки – стохастичность [6].

Такой подход к решению задачи моделирования позволил впервые расчетным способом определить эмпирическое распределение радиальной составляющей силы резания.

Однако реализация данной модели, учитывающей максимальное количество факторов, предопределяющих выходные показатели процесса шлифования, потребовала выхода на совершенно новый уровень к требованиям по техническим мощностям вычислительной техники. Таковую трудоемкую и вычислительно-сложную задачу в настоящее время можно решить только посредством мультипроцессорных кластеров и технологии параллельного программирования. В настоящее время совместно с кафедрой «Системного программирования» Южно-Уральского государственного университета разработана версия распараллеленной программы для высокопроизводительного кластера «Скиф Урал».

Для принятых критериев разработан метод расчетной оценки технологической обрабатываемости материалов в процессах шлифования [3].

Проведенные расчеты на базе предложенной методики показали, что обрабатываемость в разных видах шлифования у целого ряда марок сталей *существенно различается* [4].

Для применения полученных данных в нормативных документах, по аналогии с заложенной в них методикой, необходимо их систематизировать по группам обрабатываемости и ввести соответствующие коэффициенты. Для реализации этого предложен формализованный подход к систематике материалов по обрабатываемости, основанный на применении равнозначных рядов.

На основании проведенной систематизации создана дифференцированная по основным видам шлифования карта групп обрабатываемости материалов.

Библиографический список

1. Корчак, С.Н. Производительность процесса шлифования стальных деталей / С.Н. Корчак. – М.: Машиностроение, 1974. – 280 с.
2. Общемашиностроительные нормативы режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Ч. 3. Протяжные, шлифовальные и доводочные станки. – М.: НИИ труда, 1978. – С. 105–360.
3. Dyakonov, A.A. Material technological machinability by grinding / A.A. Dyakonov // Components of scientific and technical progress: IV the International scientific-practical conference. – Tombov, 2008. – P. 121–122.
4. Дьяконов, А.А. Пространственная многокритериальная обобщенная теплофизическая модель процессов абразивной обработки / А.А. Дьяконов // Будущее машиностроения России: сб. тр. Всерос. конф. молодых ученых и специалистов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – С. 4.
5. Дьяконов, А.А. Численная реализация многокритериальной пространственной модели теплофизики процессов абразивной обработки / А.А. Дьяконов // Наука. Технологии. Инновации: материалы Всерос. науч. конф. молодых ученых: в 7 ч. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. – Ч. 1. – С. 91–93.
6. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ 2010610052 Российская Федерация. Пространственная многокритериальная теплофизическая модель процессов абразивной обработки / А.А. Дьяконов, А.В. Геренштейн, А.А. Кошин. – № 2009616027; заявл. 28.10.2009; зарегистр. 11.05.2010.