

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ И ПРОБЛЕМАХ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ РЕЗАНИЕМ ЧУГУНОВ

Введение. Несмотря на широкое развитие порошковой металлургии и направлений, связанных с разработкой композиционных материалов, а также биметаллов и сплавов, удельное использование в мире традиционных железоуглеродистых сплавов, в частности, чугуна, сегодня преобладает при производстве станин станков, горных машин и их комплектующих, больших корпусных деталей сложной геометрии, деталей автомобильного, грузового и сельскохозяйственного транспорта (гильзы и поршни цилиндров, зубчатые червячные колеса и др.), деталей оборудования по обработке руд и строительных материалов (зубки, долбежники, комплекты резцов смесительных установок по бетону), бытового и промышленного бензоинструмента (уплотнительные поршневые кольца, износостойкие втулки скольжения и др.), товаров широкого народного потребления (чугунные радиаторы отопления и т. д.).

Инструмент, применяемый для обработки заготовок из чугуна, серьезно отличается свойствами. Это обусловлено сравнительно плохой обрабатываемостью этого материала (на фоне сталей, большинства рудных и полимерных материалов), обусловленной, в первую очередь, широкой гаммой вариантов, составляющих повышенной твердости в структурах чугунов в зависимости от их химического состава, наличия или отсутствия специфической термообработки, наличия или отсутствия модифицирования/инокуляции.

В научно-технической литературе на сегодняшний день отсутствуют систематизированные данные об особенностях и проблемах обрабатываемости чугунов различных структурных групп, что не позволяет проводить качественные научно-исследовательские работы по разработке способов и технических приемов улучшения эксплуатационной стойкости металлорежущего инструмента для обработки чугунов повышенной износостойкости.

Основная часть. Коллективом отраслевой лаборатории металлургии сплавов Института технологии металлов НАН Беларуси был проведен качественный анализ вопроса обрабатываемости чугунов, в том числе и чугунов с повышенными значениями основных характеристик свойства эксплуатационной износостойкости.

План действий при проведении обзора вопроса обрабатываемости чугунов включал четыре последовательных этапа: 1 — Классификация чугунов по основным характеристикам свойства износостойкости. 2 — Анализ понятия «обрабатываемость резанием». 3 — Анализ термина «чугун» и понятия «эвтектичность чугуна». 4 — Анализ режимных литературных рекомендаций по обработке чугунов резанием.

Ожидаемыми результатами являлись: а) классификация чугунов по предельным значениям основных характеристик, определяющих свойство износостойкости; б) выявление базовых критериев оценки обрабатываемости резанием чугунов; в) выявление причинных факторов, определяющих сложность обработки чугунов разных структурных групп; г) формирование перечня основных особенностей и проблем режимной реализации при обработке резанием чугунов разных структурных групп.

Тематика проанализированных при проведении обзора книг, научных статей, диссертаций с 1952 по 2022 годы (более 250 источников, в том числе зарубежных): материаловедение, металлообработка, чугуны, основы теории резания, обработка металлов резанием, инструментальные материалы, токарное дело, фрезерное дело, инструментальное дело, атласы шлифов и фрактографии, марочки сталей и сплавов.

Заключение. Результаты исследования:

1. Выявлены две основные характеристики свойства износостойкости чугунов (предел прочности на растяжение и твердость) и две факультативные (ударная вязкость и предел прочности на изгиб), соотношение которых позволяет, в конечном счете, разграничить понятия «чугуны с пониженными физико-механическими свойствами» и «чугуны с повышенными физико-механическими свойствами».

2. Определено, что к чугунам с повышенными физико-механическими свойствами следует относить белые хромоникелевые легированные чугуны, в том числе с ванадиевым композиционным упрочнением.

3. Установлены пять основных критериев, по которым авторы разных лет анализируют обрабатываемость резанием чугунов: структура обрабатываемого резанием чугуна; материал и физико-механические свойства режущего инструмента; требуемая шероховатость обрабатываемой поверхности; скорость резания (м/мин); стойкость инструмента (в минутах).

4. Сформулированы десять основных причинных факторов, в конечном счете оказывающих влияние на сложность обработки чугуна конкретной структурной группы:

а) наличие в структуре чугуна конкретной эвтектики: карбидная, графитная или смешанная;

б) количество основных легирующих элементов, обеспечивающих карбидную, графитную или смешанную эвтектичность чугуна: Mn, Ni, Mo, Cr, W;

- в) тип карбидов основных легирующих элементов: цементитные карбиды типа Fe_3C ; специальные карбиды (тригональный карбид $(Cr, Fe)_7C_3$; кубический карбид $(Cr, Fe)_4C$ и др.);
- г) размер карбидов основных легирующих элементов в матрице: крупный, средний, малый;
- д) форма карбидов основных легирующих элементов в матрице: иглоподобная или близкая к шаровидной;
- е) характер распределения карбидов основных легирующих элементов в матрице: сплошная карбидная сетка в матрице; разорванная карбидная сетка в матрице; карбиды в виде столбиков; карбиды в виде длинных игл; карбиды в виде коротких, мелких игл;
- ж) форма графитных включений (для чугунов с графитной эвтектикой): пластинчатая, хлопьевидная, шаровидная, вермикулярная;
- з) размер графитных включений (для чугунов с графитной эвтектикой): крупный, средний, малый;
- и) компактность расположения графитных включений в матрице (для чугунов с графитной эвтектикой): компактно расположенные; не компактно расположенные;
- к) количество вспомогательных легирующих элементов (Cu, Ti, V, N, Si, P, S и др.), модификаторов (ферросилиций, силикокальций, силикобарий и др.) и инокуляторов (магнийсодержащие лигатуры), индивидуально влияющих на обрабатываемость чугуна резанием.

5. Определены шесть основных особенностей режимной реализации при обработке резанием деталей, изготавливаемых из чугунов (в том числе чугунов, имеющих повышенные физико-механические свойства):

- для инструмента из металлокерамики, минералокерамики и сверхтвердых материалов в литературе широко освещены характеризующие обрабатываемость основные параметры режима резания точением, растачиванием, фрезерованием, сверлением, зенкерованием, развертыванием и нарезанием резьбы, преимущественно, для нелегированных или низколегированных чугунов с графитной эвтектикой твердостью до 300 НВ и ударной вязкостью $KC = 50 \dots 600$ кДж / м²;

- при этом рекомендации подавляющего большинства авторов по основным параметрам режима резания чугунов малоинформативны по следующим причинам: а) носят узкий характер (разработаны под конкретную группу материала, например, для обработки серых модифицированных чугунов СЧ 32—52); б) являются обобщенными (например, даются одновременно для сталей, бронз и чугунов, например, для обработки чугунов твердостью до 300 НВ); в) содержат только отсылку к марке применяемого материала без указания значений основных параметров режима резания и стойкости инструмента, соответствующей этим режимам (например, для точения серого чугуна – применять сплав ВК8 или ВК6-М). Это касается и марок импортных аналогов твердого сплава SANDVIK Coromant, ISCAR;

- в литературе отсутствуют рекомендации по режимной реализации процессов резания чугунов повышенной твердости (до 725 НВ) с карбидной и комбинированной эвтектиками (в том числе низколегированных мартенситно-аустенитных типа «нихард-2», высоколегированных белых хромистых чугунов типа ИЧ290Х28Н2, ИЧ290Х12Г5, а также графитизированных ванадиевых износостойких чугунов). Исключение: для гексанита и эльбора указаны параметры режима при обработке чугунов твердостью 400—600 НВ, но без привязки к стойкости инструмента;

- отечественные авторы решительно не рекомендуют использовать для резания чугунов титановольфрамовые и титанотанталовольфрамовые сплавы Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, ТТ10К8-Б, ТТ7К12 и аналогичные (из-за быстрого износа и выкрашивания режущего инструмента). При этом в США такого ограничения нет и для обработки чугунов рекомендуются три четырехкомпонентных сплава конкретного химического состава (компоненты — WC, TiC, TaC, CoC). Вероятно, это связано с ультрамелкодисперсным характером включения карбидов в импортном твердосплавном инструменте, о котором указано в литературе. Однако авторы не приводят рекомендации значений основных параметров режима резания чугунов и стойкости инструмента;

- для особо тяжелых условий эксплуатации инструмента, а именно, при тонком, чистовом и получистовом точении и фрезеровании с ударами чугунов любой твердости, рекомендуется единственный материал — синтетический сверхтвердый композит 10 (гексанит-Р). Однако в литературе указаны только общие диапазоны подачи инструмента и глубины резания чугуна. Такие рекомендации весьма ориентировочны, являются неполными и требуют конкретизации по скорости резания и соответствующей стойкости инструмента (которая не может быть относительно высокой в связи с пределом прочности на изгиб такого материала, равной примерно 700 МПа);

- имеющиеся в литературе сведения по максимальной стойкости инструмента (в минутах) соответствуют процессам обработки серых графитизированных чугунов. При этом сведений по стойкости инструмента (в минутах) при обработке чугунов повышенной твердости (400—725 НВ) для конкретных материала инструмента и значений параметров режима резания в литературе практически нет.