

4. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали: учебник для вузов. – М.: «Мир», ООО «Изд-во АСТ», 2003. – 528с.
5. Городец В.Г., Гаврилова М.Н. Производство стали в дуговой печи. – М.: металлургия, 1986. – 208с.
6. Производство стальных отливок: учебник для вузов / Козлов Л.Я., Колокольцев В.М., Вдовин К.Н. и др. / под ред. Л.Я. Козлова. – М.: МИСИС, 2003. – 352с.

Сведения об авторах:

*Керимов Рамин Исметбей оглы* – к.х.н., первый заместитель генерального директора по производству, ООО “Baku Steel Company”, г. Баку, Азербайджанская Республика;  
*Байрамов Айдын Тапдыг оглу* – заместитель начальник сталеплавильного цеха, ООО “Baku Steel Company”, г. Баку, Азербайджанская Республика.

**IMPROVING THE QUALITY OF HIGH-QUALITY BILLETS THROUGH THE USE OF ELECTROMAGNETIC STIRRING OF METAL**

*Kerimov R.I., Bayramov A.T.*

**Keywords:** varietal billets, electromagnetic stirring, crystallizer, magnetic induction, point heterogeneity, subcortical bladder.

**Abstract.** The article discusses the issues of improving the quality of high-quality billets of electric steel through the use of electromagnetic mixing of liquid metal. A scheme of an electromagnetic stirrer mold for casting varietal billets is proposed. The distribution of the magnetic induction along the length of the mold is studied - the electromagnetic is mixed in its pointed section. At various parameters mixed investigated the rate of the melted surface. The influence of the nominal mixing current on the size of the subcortical bladder, the maximum depth of its occurrence and the number of surface bladder has been determined.

УДК 621.914

<https://doi.org/10.26160/2307-342X-2019-7-82-85>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРАТЕГИИ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СФЕРОЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ИНСТРУМЕНТОМ**

*Федотов Д.И., Гимадеев М.Р.*

*Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск*

**Ключевые слова:** фрезерование, стратегия, шероховатость, обрабатывающий центр.

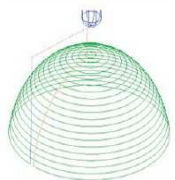
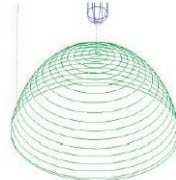
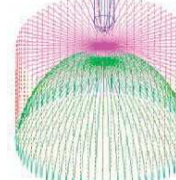
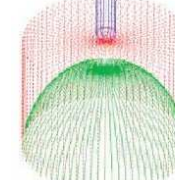
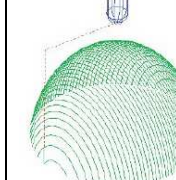
**Аннотация.** В статье приведены исследования влияния стратегий обработки на шероховатость криволинейных поверхностей при фрезеровании сфероцилиндрическим инструментом. Сравнительный анализ шероховатости полученных поверхностей показывает преимущества стратегии «в радиальном направлении снизу вверх» по параметрам Ra и Rz регламентируемых ГОСТ Р ИСО 4287-2014.

В настоящее время механическая обработка криволинейных поверхностей с использованием сфероцилиндрических концевых фрез является предметом многих исследований [2-4 и др.]. Указанный тип фрез широко используется для механической обработки штампов, литейных форм, деталей аэрокосмической, авиапромышленности и различных деталей изготавливаемых из композитных материалов. Стоит отметить, что при фрезеровании криволинейных поверхностей происходит изменение угла контакта обрабатываемой поверхности и

сферической поверхности инструмента, что существенно влияет на силы резания [2, 3], износ инструмента [2], а также на получаемую шероховатость обрабатываемой поверхности [3, 5].

Для определения влияния стратегии обработки на характер формирования микронеровностей профиля проведены эксперименты, в ходе которых измерялись значения параметров шероховатости  $R_a$ ,  $R_z$  при обработке с одинаковым значением шага смещения инструмента за проход и различными траекториями. Исходные данные представлены в таблице 1.

Табл. 1. Стратегии обработки при сферическом фрезеровании

№	1	2	3	4	5
Траектория					
Название стратегии	3D-смещение	Обработка по спирали	Обработка в радиальном направлении снизу вверх	Обработка в радиальном направлении сверху вниз	Зиг-заг
Шаг смещения	0,4 мм	0,4 мм	1,5°	1,5°	0,4 мм

Экспериментальные исследования проводились на обрабатывающем центре с ЧПУ DMG DMU 50 ecoline. Для управления технологическим оборудованием с ЧПУ во время обработки сфероцилиндрическим инструментом  $D = 6$  мм, была создана (с использованием САМ-системы) управляющая программа для обработки поверхности с постоянной подачей на зуб  $S_z = 0,2$  мм/зуб. Измерения параметров шероховатости проводились при помощи профилометра SURFCOM 1800D.

Результаты данного эксперимента указывают, что на шероховатость поверхности влияет не только подача на зуб, но и траектория движения инструмента (табл. 2). Для «3» и «4» стратегии обработки необходимо учитывать различия направления движения при формировании микрорельефа (рис. 1).

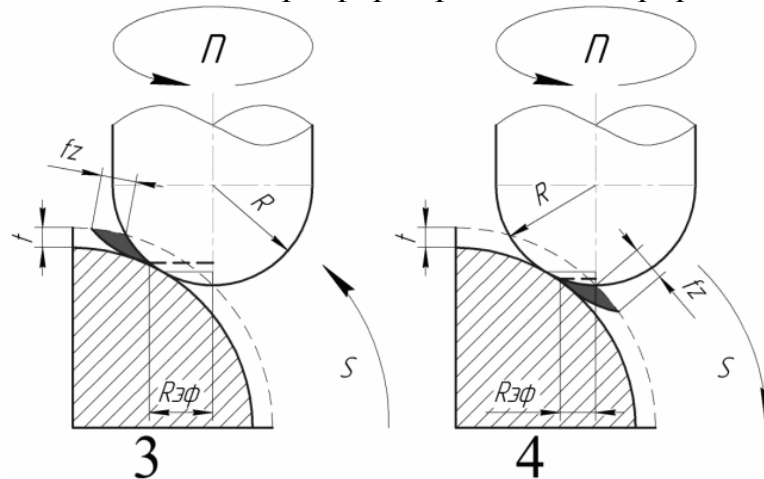
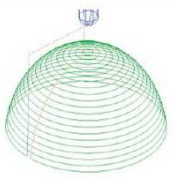
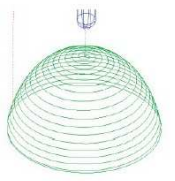
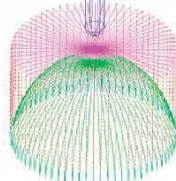
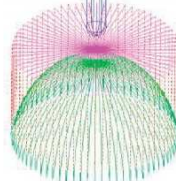
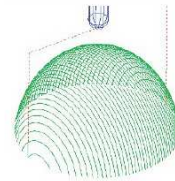


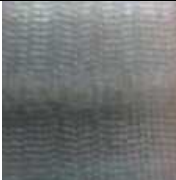




Рис. 1. Образование шероховатости при фрезеровании выпуклых поверхностей для стратегий «3» и «4»

Табл. 2 – Параметры шероховатости при различных стратегиях обработки для сферического фрезерования

№	1		2		3		4		5	
Траектория										
Поверхность										
Средняя измеренная шер-ть, мкм	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz	Ra	Rz
	0,998	5,887	0,847	5,417	0,678	3,868	4,752	20,570	1,882	8,786

В зависимости от стратегии обработки были получены значения параметров шероховатости. Таким образом, наименьшие параметры шероховатости поверхностей при окончательной обработке сферическим инструментом получаются при обработке «в радиальном направлении снизу вверх».

Для представленных стратегий обработки сферической поверхности произведена оценка времени в САМ системе. По графику, представленному на рисунке 2, можно заключить, что стратегии обработки «3» и «4» являются самыми продолжительными (стратегия «3» на 80% и стратегия «4» на 70% дольше, чем стратегия «2»), увеличение времени в данном случае связано с большим количеством холостых ходов. Следовательно, при назначении стратегии, необходимо руководствоваться не только получаемыми параметрами качества поверхности, но и продолжительностью обработки.



Рис. 2. Оценка времени обработки в САМ среде для различных стратегий обработки при методе сферического фрезерования

На основании вышеизложенного можно сделать следующие **выводы**.

Предложено и обосновано применение стратегии обработки «в радиальном направлении снизу вверх» при фрезеровании сфероцилиндрическим инструментом. Применение указанной стратегии характеризуется наименьшими параметрами шероховатости:  $R_a=0,678$  мкм и  $R_z=3,868$  мкм, но данная стратегия на 80% долше по сравнению со стратегией обработки по спирали:  $R_a=0,847$  мкм,  $R_z=5,417$  мкм.

Установлено, что стратегия обработки «в радиальном направлении, сверху вниз» не рекомендована в качестве окончательной операции при способе фрезерования сфероцилиндрическим инструментом, так как имеет значительные параметры шероховатости  $R_a$ ,  $R_z$  ( $R_a$  больше в 7 раз по сравнению со стратегией «в радиальном направлении, снизу вверх»).

#### Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 4287-2014. Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности. Профильный метод. Термины, определения и параметры структуры поверхности. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.
2. Батуев В.В. Повышение производительности и точности чистового фрезерования пространственно-сложных поверхностей со ступенчатым припуском: Дисс. ... канд. техн. наук. – Челябинск: ЮУГУ, 2007. – 208 с.
3. Гимадеев М.Р. Обеспечение качества поверхности при механообработке сложнопрофильных деталей / М.Р. Гимадеев, В.М. Давыдов // Технология машиностроения. – 2018. – №11. – С. 9-16.
4. Еренков О.Ю. Оценка работоспособности деталей из полимерных материалов / О.Ю. Еренков, В.Л. Никищечкин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. – №1. – С. 45-47.
5. Никитенко А.В. Исследование влияния точности аппроксимации траектории на производительность обработки сложнопрофильных поверхностей прессформ / М.Р. Гимадеев, В.А. Стельмаков, А.В. Никитенко, В.М. Давыдов // Проблемы и достижения в инновационных материалах и технологиях машиностроения : материалы Междунар. науч.-техн. конф. / ФГБОУ ВПО «КНАГТУ». – Комсомольск-на-Амуре, 2015. – С. 177-179.

#### Сведения об авторах:

*Гимадеев Михаил Радикович* – старший преподаватель кафедры ТИИС, ТОГУ, г.Хабаровск;  
*Федотов Даниил Игоревич* – студент, ТОГУ, г. Хабаровск.

#### STUDY OF THE INFLUENCE OF MACHINING STRATEGIES ON SURFACE ROUGHNESS WHEN MILLING SPHEROCYLINDRICAL TOOL

*Fedotov D.I., Gimadeev M.R.*

**Keywords:** milling, strategy, roughness, machining center.

**Abstract.** The article presents studies of the influence of processing strategies on the roughness of curved surfaces when milling with a spherical end tool. Comparative analysis of the roughness of the obtained surfaces shows the advantages of the strategy «in the radial direction from the bottom up» in the parameters  $R_a$  and  $R_z$  regulated by GOST R ISO 4287-2014.