

УДК 621.914

DOI:10.30987/2223-4608-2020-6-33-36

А.Г. Серебренникова, к.т.н.

(Комсомольск-на-Амуре государственный университет
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, д. 27)

А.В. Савилов, к.т.н.

(Иркутский национальный исследовательский технический университет
664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83)

E-mail: saw@istu.edu

Обеспечение качества поверхности и производительности обработки при фрезеровании титановых сплавов VT20 и VT22

Представлены исследования выходных параметров фрезерования титановых сплавов при управлении режимами резания. Работы проводились на фрезерном обрабатывающем центре с использованием высокопроизводительных фрез со сменными пластинами. Приведены оптимальные режимы высокопроизводительного фрезерования титановых сплавов VT20 и VT22, обеспечивающие минимальное значение параметра шероховатости поверхности Ra.

Ключевые слова: фрезерование; силы резания; титановый сплав; шероховатость поверхности.

A.G. Serebrennikova, Can. Sc. Tech.

(Komsomolsk-upon-Amur State University, 27, Lenin Avenue, Komsomolsk-upon-Amur, 681013)

A.V. Savilov, Can. Sc. Tech.

(Irkutsk National Research Technical University, 83, Lermontov Str., Irkutsk, 664074)

Assurance of surface quality and productivity of machining at milling titanium alloys VT20 and VT22

The investigations of output parameters of titanium alloy milling at cutting mode control are presented. The works were carried out on a milling processing center with the use of high-performance milling cutters with replaceable cutting inserts. There are shown optimum modes of high-performance milling titanium alloys VT20 and VT22 ensuring the minimum value of a roughness parameter of the surface Ra.

Keywords: milling; cutting forces; titanium alloys; surface roughness.

Снижение технологической себестоимости обрабатываемых деталей является одной из важных задач современного машиностроительного производства. Одним из инструментов, позволяющих решить данную задачу, является высокопроизводительная механообработка [1, 2]. Её используют при обработке изделий различных типов в машиностроении, обеспечивая максимальную скорость удаления материала в единицу времени. Среди видов лезвийной высокопроизводительной механообработки фрезерование позволяет достичь наибольшего технико-экономического эффекта.

Титановые сплавы относятся к труднообрабатываемым материалам ввиду таких их свойств как высокая прочность и низкая теплопроводность. Основными областями применения изделий из титана являются авиацион-

ная промышленность, судостроение, энергетика. Наряду с жаропрочными сплавами, титан имеет довольно низкую обрабатываемость резанием. При лезвийной обработке титана лишь малая часть тепла уходит в стружку. Обеспечение высокой производительности, таким образом, ограничивается стойкостью режущего инструмента [3]. Ограничивающим фактором также являются технические параметры оборудования, такие как мощность и крутящий момент шпинделя.

В некоторых случаях, при черновом фрезеровании может достигаться заданная шероховатость и точность отдельных фрагментов деталей, например, полотна в карманах авиационных деталей. Подобная технология применяется как отечественными, так и зарубежными производителями авиационной техники. В этом случае дополнительным фактором, ог-

раничивающим производительность, является необходимость достижения требуемой шероховатости обработанной поверхности [4].

Таким образом, задача обеспечения максимальной производительности технологической системы, одновременно с обеспечением заданной шероховатости обработанной поверхности при минимальных энергетических затратах становится актуальной в условиях возрастающей конкуренции на рынке производителей высокотехнологичного оборудования. При решении данной задачи ключевую роль играет контроль сил резания [5].

Экспериментальные исследования включали в себя фрезерование титановых сплавов BT20 и BT22 с варьированием подач и скоростей резания, с контролем потребляемой мощности и шероховатости поверхности. Механообработка выполнялась на фрезерном обрабатывающем центре DMG DMU80P duoBlock (рис. 1) концевой фрезой Sandvik Coromant R390-025C5-11M со сменными многогранными пластинами R390-11 T3 08M-MM из твёрдых сплавов S30T и S40T. Для измерения сил резания применялась динамометрическая платформа Kistler 9253B23. Измерение шероховатости поверхности после обработки производилось профилометром Taylor&Hobson Form Talysurf i200 [4].

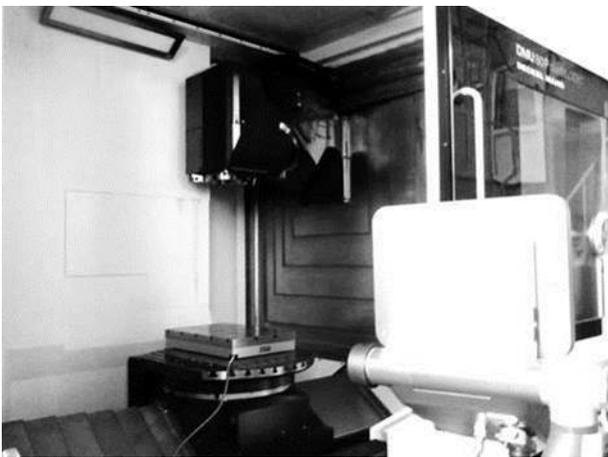


Рис. 1. Рабочая зона станка DMU80P duoBlock

Основной вклад в работу резания вносит окружная, или тангенциальная, сила P_t . Величина силы P_t определяет мощность шпинделя фрезерного станка, учитывается в прочностных расчётах при проектировании деталей направляющих и других механизмов обрабатывающего оборудования.

При увеличении подачи f_z , тангенциальная сила P_t также увеличивается, причем увеличение, близкое к линейному, происходит как при

обработке титанового сплава BT20, так и при обработке сплава BT22. На рис. 2 скорость резания $v = 55$ м/мин; глубина резания $a_p = 3$ мм.

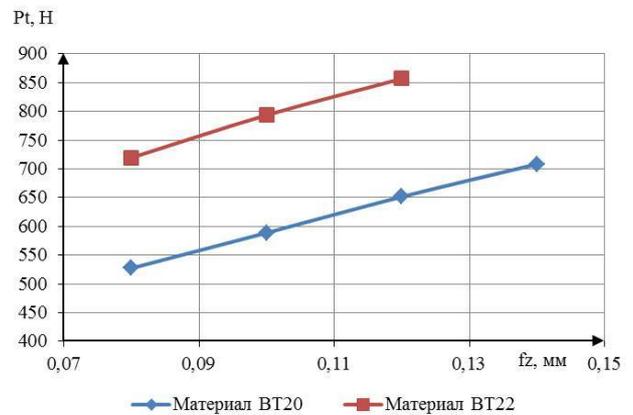


Рис. 2. Зависимость тангенциальной силы P_t от подачи на зуб f_z

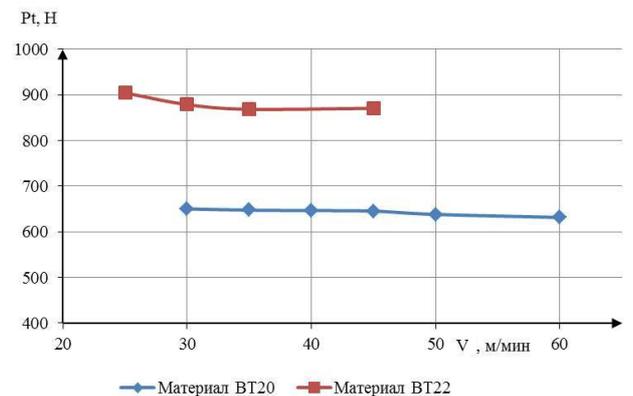


Рис. 3. Зависимость тангенциальной силы P_t от скорости резания v

Из графика (рис. 3) следует, что при увеличении скорости резания v тангенциальная составляющая силы резания P_t уменьшается, как для материала BT20, так и для BT22, при условии: подача на зуб $f_z = 0,12$ мм/зуб, осевая глубина резания $a_p = 3$ мм.

Мощность резания P_c растёт как при увеличении подачи на зуб f_z так и при увеличении скорости резания v (режимы обработки: скорость резания $v = 55$ м/мин, глубина резания $a_p = 3$ мм (рис. 4); подача на зуб $f_z = 0,12$ мм/зуб (рис. 5)). Если сравнить два обрабатываемых материала BT20 и BT22, то можно увидеть, что при резании сплава BT20 потребляется большая мощность, чем при резании сплава BT22. Этот факт объясняется различием механических свойств данных материалов. Титановый сплав BT22 относится к

4 классу ($\alpha+\beta$)-переходному классу, что делает его более твердым ($\sigma_B = 1000... 1500$ МПа), а VT20 относиться ко 2 классу псевдо- α -сплавы ($\sigma_B = 600...1000$ МПа), обладает средней прочностью.

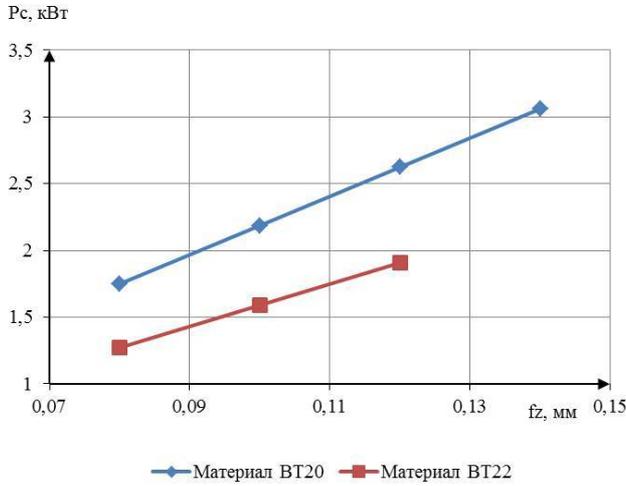


Рис. 4. Зависимость мощности резания P_c от подачи на зуб f_z

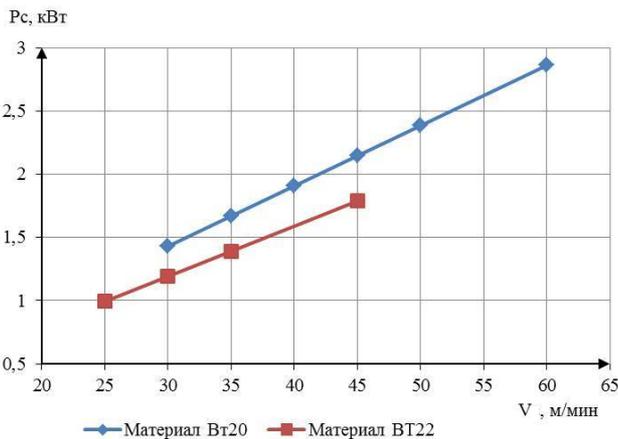


Рис. 5. Зависимость мощности резания P_c от скорости резания v

Зависимости шероховатости обработанной поверхности от подачи на зуб f_z и скорости резания v представлены на графиках (рис. 6, 7). Из данных графиков следует, что при одинаковых режимах резания, среднеарифметическое отклонение профиля шероховатости Ra больше при фрезеровании сплава VT20, чем при фрезеровании VT22. Минимальное значение параметра шероховатости Ra сплава VT20 достигается при подаче на зуб $f_z = 0,12$ мм/зуб. При обработке сплава VT22 лучшее качество поверхности зафиксировано при подаче на зуб $f_z = 0,08$ мм/зуб. Режимы обработки: скорость резания $v = 55$ м/мин, глубина резания $a_p = 3$ мм.

Минимальное значение параметра шероховатости Ra при обработке титанового сплава VT20 измерено при скорости резания $v = 30$ м/мин. В сплаве VT22 меньшие значения шероховатости параметра Ra зафиксированы при фрезеровании со скоростью резания $v = 40$ м/мин (рис. 7). Режимы обработки: подача на зуб $f_z = 0,12$ мм/зуб, глубина резания $a_p = 3$ мм.

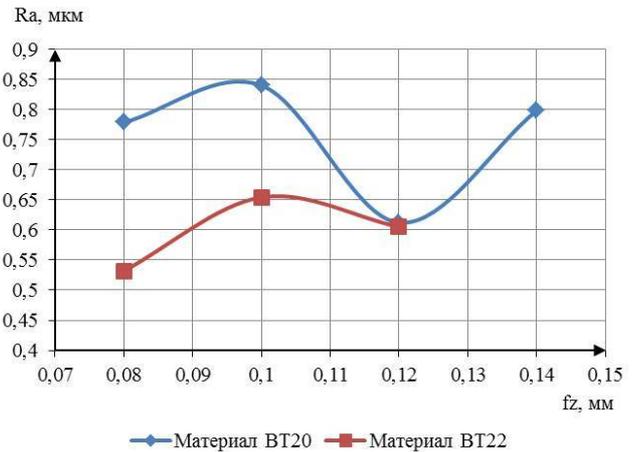


Рис. 6. Зависимость параметра шероховатости Ra от подачи на зуб f_z

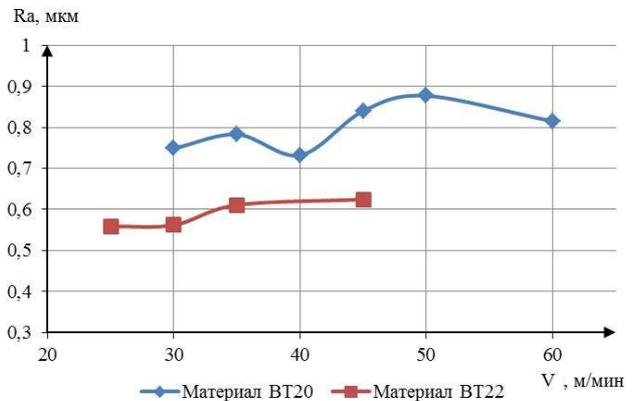


Рис. 7. Зависимость параметра шероховатости Ra от скорости резания v

Для обеспечения заданного качества изделий машиностроения при высокопроизводительном фрезеровании, требуется методика определения режимов резания, учитывающая одновременно несколько параметров резания, такие как сила резания P_t , скорость резания v , мощность резания P_c . В основу данной методики может быть положен расчет мощности резания.

Полученные графические зависимости наглядно иллюстрируют влияние режимов резания на выходные параметры при высокопро-

изводительном фрезеровании титановых сплавов на станках с ЧПУ.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Тангенциальная составляющая силы резания P_t увеличивается практически по линейному закону при увеличении подачи на зуб f_z , но уменьшается с увеличением скорости резания v , как при обработке сплава ВТ20, так и при обработке сплава ВТ22. Влияние подачи на силу резания соответствует основным положениям теории резания. Влияние же скорости резания можно объяснить гипотезой повышения температуры в зоне контакта и последующего разупрочнения обрабатываемого материала [6]. Данная гипотеза требует последующей проверки.

2. Мощность резания P_c при увеличении подачи на зуб f_z и скорости резания v увеличивается, что соответствует основным положениям теории резания.

3. Определены режимы резания, обеспечивающие наилучшие показатели параметра шероховатости Ra :

– для ВТ20, подача на зуб $f_z = 0,12$ мм/зуб; скорость резания $v = 40$ м/мин;

– для ВТ22, подача на зуб $f_z = 0,08$ мм/зуб; скорость резания $v = 30$ м/мин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савилов, А.В., Пятых, А.С., Тимофеев, С.А. Современные методы оптимизации высокопроизводительного фрезерования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – № 6-2. – С. 476-479.
2. Тимофеев, С.А. Высокопроизводительное фрезерование авиационных деталей из алюминиевых сплавов по критерию заданной электропроводности // Высокоэффективные технологии производства летательных аппаратов: сб. докл. Иркутск: Изд-во ИргТУ. – 2012. – С. 25-33.
3. Serebrennikova A.G., Nikolaeva E.P., Savilov A.V., Timofeev S.A., Pyatyh A.S. Research Results Of Stress-Strain State Of Cutting Tool When Aviation Materials Turning. IOP

Conf. Series: Journal of Physics: V. 944 (2018).

4. Николаев, А.Ю. Влияние дисбаланса инструментальных наладок на качество обработанной поверхности при концевом фрезеровании // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2019. – Т.23. – №4. – С. 699-709.

5. Jagadesh T., Samuel G.L. Investigation into cutting forces and surface roughness in micro turning of titanium alloy using coated carbide tool // Procedia Materials Science 5. – 2014. – pp. 2450-2457.

6. U. Karaguzel, M. Bakkal, Erhan Budak. Modeling and measurement of cutting temperatures in milling. // Procedia 7th CIRP Conference on High Performance Cutting, – 2016. – pp. 173-176.

REFERENCES

1. Savilov, A.V., Pyatykh, A.S., Timopheev, S.A. Modern methods for high-performance milling optimization // Proceedings of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2013. – Vol. 15. – N0.6-2. – pp. 476-479.
2. Timofeev, S.A. High-performance milling of aluminum alloy aircraft parts according to criterion of specified electrical conductivity // High-performance Technologies of Aircraft Manufacturing: Proceedings Irkutsk: IrSTU Publishers. – 2012. – pp. 25-33.
3. Serebrennikova A.G., Nikolaeva E.P., Savilov A.V., Timofeev S.A., Pyatyh A.S. Research Results Of Stress-Strain State Of Cutting Tool When Aviation Materials Turning. IOP Conf. Series: Journal of Physics: V. 944 (2018).
4. Nikolayev, A.Yu. Impact of tool adjustment imbalance upon quality of surface machined during end milling // Bulletin of Irkutsk State Technical University. – 2019. – Vol.23. – No.4. – pp. 699-709.
5. Jagadesh T., Samuel G.L. Investigation into cutting forces and surface roughness in micro turning of titanium alloy using coated carbide tool // Procedia Materials Science 5. – 2014. – pp. 2450-2457.
6. U. Karaguzel, M. Bakkal, Erhan Budak. Modeling and measurement of cutting temperatures in milling. // Procedia 7th CIRP Conference on High Performance Cutting, – 2016. – pp. 173-176.

Рецензент д.т.н. В.П. Кольцов