

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ РЕЖУЩЕЙ ГОЛОВКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СПЛАВА 12X18H10T НА КАЧЕСТВО ПОЛУЧАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Н.Ю. Капалин¹, kapanick@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5985-9296>
О.О. Бердников¹, oleg-berdnikow@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-0201-2116>
Д.С. Реченко¹, rechenko-denis@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6776-6452>
Б.А. Лопатин², lopabinba@susu.ru

¹ Омский государственный технический университет, Омск, Россия

² Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте, Златоуст, Россия

Аннотация. В работе исследовано влияние скорости перемещения лазерной режущей головки на качество формируемой поверхности реза и толщину изменённого слоя (ИС) при обработке сплава 12X18H10T. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения точности и эффективности лазерной резки, широко применяемой в современном машиностроении. Экспериментальные исследования проводились на установке *DMG LASERTEC 20* с использованием азота в качестве защитного и выдувного газа, что позволило минимизировать окислительные процессы. В рамках работы были выполнены два экспериментальных цикла при мощностях лазерного излучения 1300 и 1400 Вт. В каждом цикле обрабатывалось по шесть образцов, при этом скорость перемещения лазерной режущей головки варьировалась в диапазоне от 200 до 700 мм/мин. Остальные технологические параметры – частота импульсов, давление газа и фокусное расстояние – поддерживались на фиксированном уровне для обеспечения корректности сравнения полученных результатов. Оценка качества поверхности реза осуществлялась по параметру шероховатости Ra , а термическое воздействие – по толщине ИС h . Результаты исследования показали, что скорость перемещения лазерной режущей головки является определяющим параметром, влияющим на шероховатость поверхности и толщину ИС. Для мощности 1300 Вт рациональное качество поверхности и стабильное прорезание материала наблюдается при скоростях 400–600 мм/мин, при этом на нижней границе диапазона (около 400 мм/мин) отмечается увеличение глубины ИС. Повышение мощности до 1400 Вт расширяет диапазон устойчивых скоростей, снижает шероховатость поверхности и позволяет формировать более чистую кромку.

Ключевые слова: лазерная резка, скорость перемещения лазерной режущей головки, шероховатость поверхности, изменённый слой, *DMG LASERTEC 20*, азот

Для цитирования: Влияние скорости перемещения лазерной режущей головки при обработке сплава 12X18H10T на качество получаемой поверхности / Н.Ю. Капалин, О.О. Бердников, Д.С. Реченко, Б.А. Лопатин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2026. Т. 26, № 1. С. 78–86. DOI: 10.14529/engin260107

Original article

DOI: 10.14529/engin260107

THE EFFECT OF THE SPEED OF MOVEMENT OF THE LASER CUTTING HEAD DURING PROCESSING OF THE 12X18H10T ALLOY ON THE QUALITY OF THE RESULTING SURFACE

N. Yu. Kapalin¹, kapanick@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5985-9296>

O.O. Berdnikov¹, oleg-berdnikow@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-0201-2116>

D.S. Rechenko¹, rechenko-denis@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6776-6452>

B.A. Lopatin², lopatinba@susu.ru

¹Omsk State Technical University, Omsk, Russia

²South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Russia

Abstract. The effect of the speed of movement of a laser cutting head during processing of a 12X18H10T alloy on the quality of the formed cutting surface and the thickness of the modified layer (IC) is investigated. The experiments were carried out on a DMG LASERTEC 20 installation using nitrogen as a protective and blowing gas. Two experimental cycles were performed at laser radiation powers of 1300 and 1400 watts. In each cycle, six samples were processed with a change in the speed of movement of the laser cutting head in the range of 200–700 mm/min at fixed values of pulse frequency, gas pressure and focal length. The surface quality was assessed according to the roughness parameter *Ra*, and the thermal effect was carried out according to the thickness of the IC *h*. It is established that the speed of movement of the laser cutting head has a nonlinear effect on the roughness of the treated surface and the depth of the thermal treatment, as well as determines the boundary of stable cutting of the material.

Keywords: laser cutting, speed of movement of the laser cutting head, surface roughness, modified layer, DMG LASERTEC 20, nitrogen

For citation: Kapalin N.Yu., Berdnikov O.O., Rechenko D.S., Lopatin B.A. The effect of the speed of movement of the laser cutting head during processing of the 12X18H10T alloy on the quality of the resulting surface. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2026:26(1):78–86. (In Russ.) DOI: 10.14529/engin260107

Введение

Лазерная обработка металлов является одним из наиболее перспективных направлений современной металлообработки, обеспечивающим высокую точность обработки и возможность автоматизации технологических процессов [1–3]. Особенно важной задачей является обработка коррозионностойких аустенитных сталей, например, таких как сталь 12X18H10T, широко применяемой в авиастроении благодаря сочетанию коррозионной стойкости и механических свойств. В литературе отмечается, что при лазерной резке нержавеющей сталей ключевыми факторами качества поверхности является термическое влияние на кромку и необходимость получения чистого реза без следов окисления и дефектов [4–8], что приводит к повышению трудоемкости при выполнении чистовых операций.

Качество поверхности, формируемой при лазерной резке, определяется комплексом технологических параметров, таких как мощность лазера, скорость перемещения лазерной головки, фокусное расстояние, давление газа, частота импульсов лазерного излучения и т. д. Эти параметры определяют величину теплового воздействия, размер измененного слоя и характер формирования кромки реза, однако среди прочих ключевым фактором является скорость перемещения лазерной головки. В работах отечественных исследователей подчеркивается, что неправильный выбор режимов приводит к увеличению теплового воздействия, образованию окалины и ухудшению качества поверхности [9–14]. При этом в этих исследовательских работах не приводятся универсальные подходы и методики для определения оптимальных режимов обработки при лазерной резке, что приводит к необходимости проведения экспериментальных исследований при резке различ-

ных материалов на различном лазерном оборудовании. Однако в данных исследовательских работах можно выявить общие закономерности и тренды влияния различных параметров режимов резания на производительность и качество обработки. Так, например, при более низких скоростях перемещения лазерной режущей головки возрастает тепловое воздействие на единицу длины реза, что может приводить к увеличению толщины ИС, образованию наплывов и ухудшению шероховатости обработанной поверхности [15–17]. С другой стороны, чрезмерное увеличение скорости перемещения лазерной головки снижает плотность подводимой энергии и может вызвать нестабильность процесса резания, и, как следствие, это приведет к неполному прорезанию материала по его толщине [18–20].

Целью данной работы является экспериментальное исследование влияния скорости перемещения лазерной режущей головки при обработке стали 12X18H10T толщиной 0,8 мм на шероховатость обработанной поверхности и толщину ИС на установке *DMG LASERTEC 20* с применением азота в качестве рабочей среды.

Методы проведения исследования

Экспериментальные исследования проведены на лазерной установке *DMG LASERTEC 20*, оснащённой **волоконным лазером непрерывного действия (CW-режим)**. В качестве защитного и выдувного газа применялся азот при давлении 7 бар. Фокусное расстояние фиксировано и составляло 1 мм. Частота импульсов лазерного излучения во всех экспериментах поддерживалась на уровне 500 Гц.

Проведено два эксперимента: эксперимент 1 – мощность лазерного излучения 1300 Вт; эксперимент 2 – мощность лазерного излучения 1400 Вт.

В каждом эксперименте изготавливалось по шесть образцов, которые далее обрабатывались при скорости перемещения лазерной режущей головки 200, 300, 400, 500, 600 и 700 мм/мин. Качество поверхности оценивалось по параметру шероховатости Ra с использованием профилометра модели *Mitutoyo Surftest SJ-210*. Толщина ИС h определялась металлографическим методом по поперечным шлифам образцов с применением бинокулярного микроскопа модели *Nikon Eclipse MA200*.

Результаты исследования

Эксперимент 1 (мощность 1300 Вт). При скорости перемещения лазерной режущей головки 200 мм/мин толщина ИС составила $h = 15...21$ мкм, а шероховатость обработанной поверхности $Ra = 2,756...2,944$ мкм. Увеличение скорости перемещения до 300 мм/мин привело к росту шероховатости до $Ra = 2,978...4,391$ мкм при ИС $h = 3...21$ мкм. При скорости перемещения 400 мм/мин зафиксировано снижение шероховатости до $Ra = 1,501...1,601$ мкм, однако толщина ИС возросла до $h = 21...57$ мкм.

Дальнейшее увеличение скорости перемещения до 500 и 600 мм/мин сопровождалось изменением шероховатости до $Ra = 2,027...3,439$ мкм и $Ra = 2,239...2,513$ мкм соответственно при толщине ИС $h = 24...36$ и $15...30$ мкм. При скорости 700 мм/мин устойчивое прорезание материала не наблюдалось, что является браком.

Результаты лазерной резки при эксперименте 1 при мощности лазерного излучения 1300 Вт приведены в табл. 1 и на рис. 1.

Результаты лазерной резки (эксперимент 1, $P = 1300$ Вт)

Таблица 1

Table 1

Laser cutting results (experiment 1, $P = 1300$ W)

№ образца	Скорость перемещения лазерной режущей головки, мм/мин	Толщина ИС h , мкм	Среднее значение ИС слоя h_{cp} , мкм	Шероховатость обработанной поверхности Ra , мкм	Среднее значение шероховатости обработанной поверхности Ra_{cp} , мкм
1	200	15...21	18	2,756...2,944	2,850
2	300	3...27	12	2,978...4,391	3,684
3	400	21...57	39	1,501...1,601	1,551
4	500	24...36	30	2,027...3,439	2,733
5	600	15...30	22,5	2,239...2,513	2,376
6	700	Не прорезался			

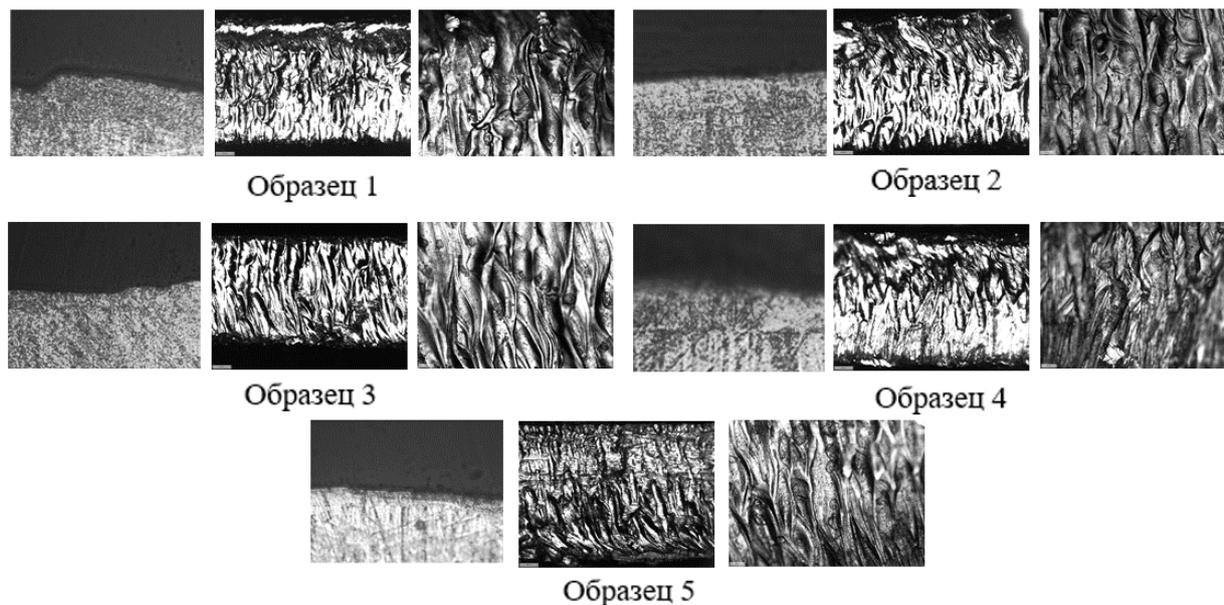


Рис. 1. Обработанная поверхность стали 12Х18Н10Т (эксперимент 1),
микроструктура модифицированного слоя и поверхность после реза

Fig. 1. Treated surface of 12X18H10T steel (experiment 1),
microstructure of the modified layer and the surface after cutting

На фотографиях рис. 1 показаны поперечные сечения пяти различных образцов, каждый из которых представлен тремя снимками с разным увеличением – $\times 500$, $\times 400$ и $\times 40$. При этом виден общий характер формирования обработанной поверхности при лазерной резке на всех образцах – явно прослеживаются желобки, сформированные вследствие «вымывания» материала при его разогреве.

Эксперимент 2 (мощность 1400 Вт). При скорости перемещения лазерной режущей головки 200 мм/мин толщина ИС составила $h = 18...36$ мкм, шероховатость обработанной поверхности $Ra = 1,611...2,966$ мкм. При скорости перемещения 300 мм/мин наблюдалось снижение шероховатости до $Ra = 1,496...1,851$ мкм и ИС до $h = 3...27$ мкм.

Скорости 400–600 мм/мин обеспечивали относительно стабильное качество поверхности: шероховатость находилась в диапазоне $Ra = 1,649...2,444$ мкм, а толщина ИС $h = 3...27$ мкм. При скорости перемещения 700 мм/мин, как и в первом эксперименте, прорезание материала не наблюдалось.

Результаты лазерной резки при эксперименте 2 при мощности 1400 Вт приведены в табл. 2 и на рис. 2.

Результаты лазерной резки (эксперимент 2, P = 1400 Вт)

Таблица 2

Laser cutting results (experiment 2, P = 1400 W)

Table 2

№ образца	Скорость перемещения лазерной режущей головки, мм/мин	Толщина ИС h , мкм	Среднее значение толщины ИС h_{cp} , мкм	Шероховатость обработанной поверхности Ra , мкм	Среднее значение шероховатости обработанной поверхности Ra_{cp} , мкм
1	200	18...36	27	1,611...2,966	2,288
2	300	3...27	15	1,496...1,851	1,673
3	400	9...24	16,5	1,883...2,437	2,160
4	500	12...27	19,5	1,649...2,346	1,997
5	600	3...12	7,5	2,444...2,993	2,718
6	700	Не прорезался			

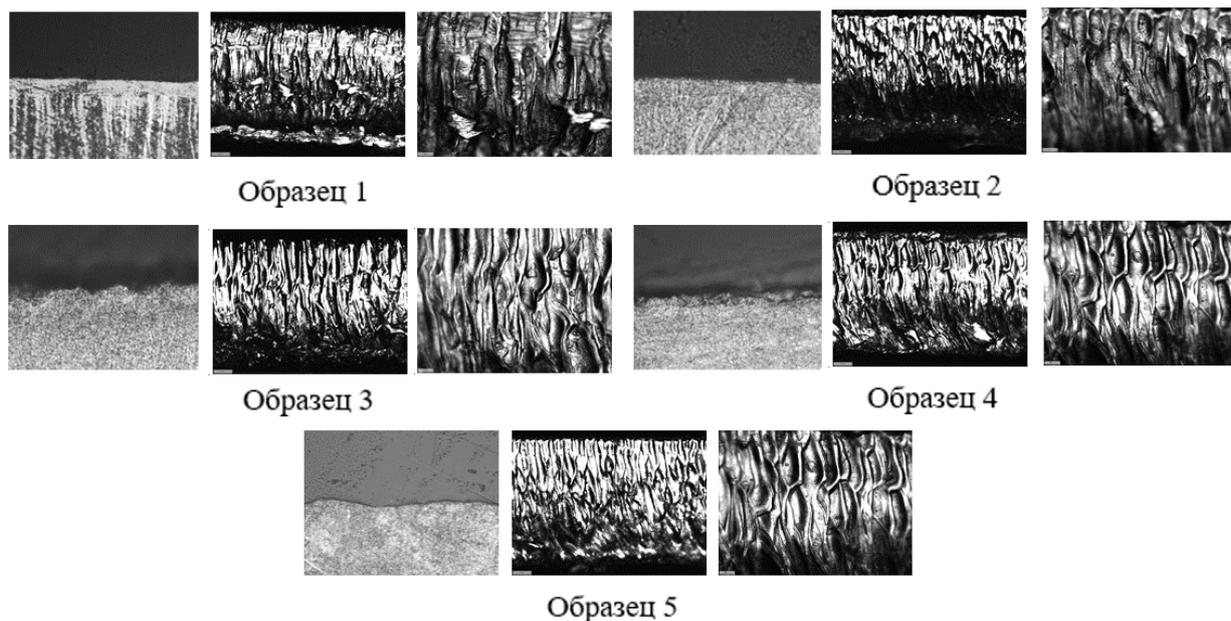


Рис. 2. Обработанная поверхность стали 12X18H10T (эксперимент 2),
микроструктура модифицированного слоя и поверхность после реза
Fig. 2. The treated surface of 12X18H10T steel (experiment 2),
the microstructure of the modified layer and the surface after cutting

На рис. 3 представлены зависимости влияния перемещения лазерной режущей головки на толщину ИС.

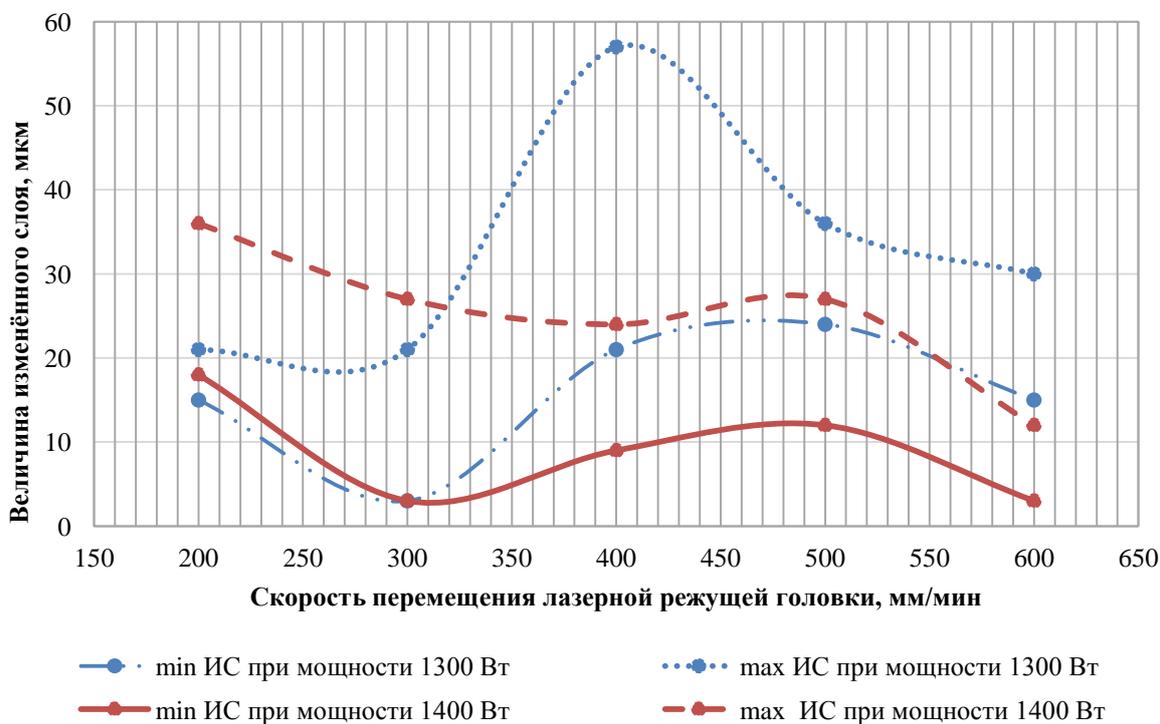


Рис. 3. График сравнения ИС от скорости перемещения лазерной режущей головки
Fig. 3. Graph of the comparison of the IC from the speed of movement of the laser cutting head.

На рис. 4 представлены зависимости влияния перемещения лазерной режущей головки на шероховатость обработанной поверхности.

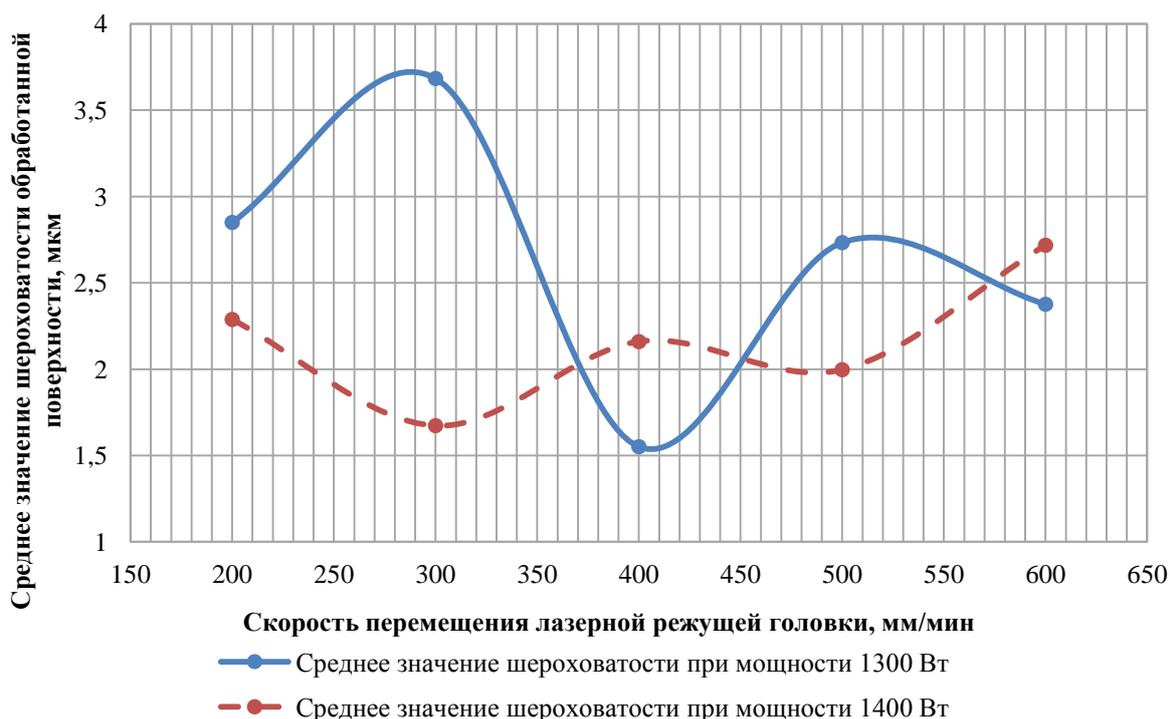


Рис. 4. График сравнения шероховатости поверхности от скорости перемещения лазерной режущей головки
Fig. 4. Graph comparing surface roughness versus the speed of movement of the laser cutting head

График сравнения ИС от скорости перемещения лазерной режущей головки показывает: при 1400 Вт толщина ИС во всём диапазоне скоростей меньше и стабильнее, чем при 1300 Вт; при 1300 Вт наблюдается выраженный максимум при 400 мм/мин, что указывает на неравномерность теплового воздействия; при 600 мм/мин повышение мощности позволяет существенно снизить глубину термического воздействия.

График сравнения шероховатости поверхности от скорости перемещения лазерной режущей головки показывает: при 1400 Вт шероховатость поверхности в целом ниже и менее чувствительна к изменению скорости; для 1300 Вт характерны резкие колебания Ra , особенно при 300 и 500 мм/мин; минимальные значения Ra достигаются: при 1300 Вт – около 400 мм/мин; при 1400 Вт – в диапазоне 300–500 мм/мин.

Обсуждение результатов

Полученные результаты подтверждают нелинейный характер влияния скорости перемещения лазерной режущей головки лазерной резки на качество поверхности. Для мощности 1300 Вт оптимальное сочетание шероховатости и толщины ИС наблюдается в диапазоне скоростей 400–600 мм/мин, однако при 400 мм/мин отмечено увеличение глубины термического воздействия.

Повышение мощности до 1400 Вт расширяет диапазон устойчивых скоростей перемещения лазерной режущей головки и позволяет получить меньшую шероховатость поверхности при сопоставимых или меньших значениях толщины ИС. Использование азота предотвращает окисление поверхности реза и способствует формированию более чистой кромки.

Отсутствие прорезания при скорости перемещения лазерной режущей головки 700 мм/мин для обеих уровней мощности указывает на недостаточное тепловое воздействие и ограничение рассматриваемых режимов обработки.

Выводы

Скорость перемещения лазерной режущей головки является определяющим параметром, влияющим на шероховатость поверхности и толщину ИС. При мощности 1300 Вт устойчивое прорезание металла обеспечивается при скоростях до 600 мм/мин. Повышение мощности до 1400 Вт улучшает качество поверхности и снижает толщину ИС в широком диапазоне скоростей. Использование азота в качестве газа обеспечивает стабильность процесса и высокое качество поверхности реза.

Список литературы

1. Закалюкина Л.А., Баннов В.Я. Виды и параметры процесса лазерной резки // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2016. Т. 19. С. 163–167.
2. Alsaadawy M., Dewidar M., Said A. A Comprehensive review of studying the influence of laser cutting parameters on surface and kerf quality of metals // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2023. Vol. 130(4). P. 1039–1074. DOI: 10.1007/s00170-023-12768-1.
3. Steen W.M., Mazumder J. Laser Material Processing. Springer, 2010. 558 p.
4. Yilbas B. Laser Cutting of Thick Sheet Metal: Surface Plasma Characteristics and Cutting Quality Assessment // Advanced Materials Research. 2011. Vol. 264–265. P. 1944–1953. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.264-265.1944.
5. Safari M., Abtahi S.M., Joudaki J. Experimental Modeling, Statistical Analysis, and Optimization of the Laser-Cutting Process of Hardox 400 Steel // Materials. 2024. Vol. 17. Art. no. 2798. DOI: 10.3390/ma17122798.
6. Ready J.F. Effects of High-Power Laser Radiation. Academic Press, 1997.
7. Хахимзянова А.А., Савин И.А. Особенности технологии лазерной резки металлических материалов // Техника и технологии машиностроения: материалы V Международной студенческой научно-практической конференции. Омск, 2016. С. 391–396.
8. Князева Н.Ю., Карпенко А.А. Использование технологий лазерной обработки материалов при производстве изделий машиностроения // Материалы всероссийской с международным участием научной конференции. Саранск. Саранск, 2022. С. 715–720.
9. Данилов В.И., Зуев Л.Б. Особенности лазерной резки листовой стали и мониторинг качества образцов после лазерного воздействия // Прикладная механика и техническая физика. 2006. Т. 47, № 4(278). С. 176–184.
10. Григорьянц А. Г., Соколов А. А. Лазерная резка металлов. М.: Высшая школа, 1988.
11. Forecasting the results of hybrid laser-plasma cutting of carbon steel / V. Korzhyk, V. Khaskin, A. Perepychai, I. Yevhenii // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 2/1 (104). P. 8–15. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.199830
12. Mechanics insights into particle ejection during laser cutting of metal alloys./ Yi. Nie, K. Low, Z. Liu, L. Yang, Y. Wang // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2025. Vol. 137. P. 1173–1187. DOI: 10.1007/s00170-025-15192-9.
13. Игнатов А.Г., Суздаев И.В. Состояние и перспективы применения лазерного технологического оборудования // Судостроительная промышленность. Сер. Сварка. 1989. Вып. 7. С. 3–18.
14. Modelling of laser beam distribution effects for metal laser cutting / E.H. Amara, K. Kheloufi, T. Tamsaout S. Aggoune // Old City Publishing, Inc. 2026. Vol. 35. P. 187–196.
15. Хайруллина Л.Р. Влияние конструктивных параметров лазерной головки на скорость резки при различных давлениях технологического газа // Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2015»: международная научно-техническая конференция: материалы конференции. Казань, 2015. С. 244–248.
16. Eriksen Hammer S., Halvorsen J., Graff P. Characterisation of Particles Emitted during Laser Cutting of Various Metal Sheets and an Exposure Assessment for the Laser Operators // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2022. Vol. 19. Art. no. 9888. DOI: 10.3390/ijerph19169888.
17. Физулаков Р.А. Применение газолазерного раскроя полимерного покрытия обшивок фюзеляжа // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2012. № 5-2(36). С. 113–117.
18. Елисеев А.А. Промышленная резка металла с помощью лазера. Основы и перспективы развития // Молодежь и системная модернизация страны: сборник научных статей 9-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых. В 5 т. Курск, 2025. С. 335–337.
19. Savin I.A., Movlazade V.Z., Yusubov N.D. Comprehensive study of thermal optical and material factors influencing fiber laser cutting efficiency // International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering. 2025. Vol. 17. P. 351–359.
20. Choi J., Kim R., Song D., Cho D.-W., Suh, J. Analysis of Laser Cutting Process for Different Diagonal Material Shapes // Processes. 2022. Vol. 10. Art. no. 2743. DOI: 10.3390/pr10122743

References

1. Zakalyukina L.A., Bannov V.Ya. Types and parameters of the laser cutting process. *New information technologies in automated systems*, 19, 2016. pp. 163-167. (In Russ.)
2. Alsaadawy M., Dewidar M., Said A. A Comprehensive review of studying the influence of laser cutting parameters on surface and kerf quality of metals. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2023, 130(4), pp. 1039-1074. DOI: 10.1007/s00170-023-12768-1.
3. Steen W.M., Mazumder J. *Laser Material Processing*. Springer, 2010. 558 p.
4. Yilbas B. Laser Cutting of Thick Sheet Metal: Surface Plasma Characteristics and Cutting Quality Assessment. *Advanced Materials Research*. 2011. 264–265. pp. 1944–1953. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.264-265.1944.
5. Safari M., Abtahi S.M., Joudaki J. Experimental Modeling, Statistical Analysis, and Optimization of the Laser-Cutting Process of Hardox 400 Steel. *Materials*. 2024, 17, 2798. DOI: 10.3390/ma17122798.
6. Ready J.F. *Effects of High-Power Laser Radiation*. Academic Press, 1997.
7. Khakimzyanova A.A., Savin I.A. Features of laser cutting technology of metal materials. *Engineering and technology of mechanical engineering: proceedings of the V International Scientific and Practical Conference*. Omsk, 2016. pp. 391–396. (In Russ.)
8. Knyazeva N.Yu., Karpenko A.A. The use of laser processing technologies in the production of mechanical engineering products. *Materials of the All-Russian scientific conference with international participation*. Saransk, 2022, pp. 715–720. (In Russ.)
9. Danilov V.I., Zuev L.B. Features of laser cutting of sheet steel and monitoring of sample quality after laser exposure. *Applied mechanics and technical physics*, 2006, vol. 47, no. 4(278), pp. 176–184. (In Russ.)
10. Grigoryants A.G., Sokolov A.A. *Lazernaya rezka metallov* [Laser cutting of metals]. Moscow, 1988.
11. Korzhyk V., Khaskin V., Perepychai A., Yevhenii I. Forecasting the results of hybrid laser-plasma cutting of carbon steel. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020, 2/1 (104), 8–15. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.199830.
12. Nie Yi., Low K., Liu Z., Yang L., Wang Y. Mechanics insights into particle ejection during laser cutting of metal alloys. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2025, 137, pp. 1173–1187. DOI: 10.1007/s00170-025-15192-9.
13. Ignatov A. G., Suzdalev I. V. [The state and prospects of using laser technological equipment] *Sudostroit. prom-st. Ser. Welding*, 1989, issue 7, pp. 3–18. (In Russ.)
14. Amara E.H., Kheloufi K., Tamsaout T., Aggoune S. Modelling of laser beam distribution effects for metal laser cutting. *Old City Publishing, Inc.*, 2026, 35, pp. 187–196.
15. Khairullina L.R. The influence of the design parameters of the laser head on the cutting speed at various process gas pressures. *Problems and prospects for the development of aviation, ground transport and energy "ANTE-2015": International Scientific and Technical Conference: Conference Proceedings, Kazan*, 2015, pp. 244–248. (In Russ.)
16. Eriksen Hammer S., Halvorsen J., Graff P. Characterisation of Particles Emitted during Laser Cutting of Various Metal Sheets and an Exposure Assessment for the Laser Operators. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, 19, 9888. DOI: 10.3390/ijerph19169888.
17. Fizulakov R.A. Application of gas laser cutting of polymer coating of fuselage skin. *Bulletin of the Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolev (National Research University)*, 2012, no. 5-2(36), pp. 113–117. (In Russ.)
18. Eliseev A.A. Industrial metal cutting using a laser. Fundamentals and prospects of development. *Youth and systemic modernization of the country: Collection of scientific articles of the 9th International Scientific Conference of Students and Young Scientists*. In 5 volumes. Kursk, 2025, pp. 335–337. (In Russ.)
19. Savin I.A., Movlazade V.Z., Yusubov N.D. Comprehensive study of thermal optical and material factors influencing fiber laser cutting efficiency. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, 2025, 17. pp. 351–359.
20. Choi J., Kim R., Song D., Cho D.-W., Suh, J. Analysis of Laser Cutting Process for Different Diagonal Material Shapes. *Processes* 2022, 10, 2743. DOI: 10.3390/pr10122743

Информация об авторах

Капалин Николай Юрьевич, аспирант, Омский государственный технический университет, Омск, Россия; karanick@mail.ru

Бердников Олег Олегович, аспирант, Омский государственный технический университет, Омск, Россия; oleg-berdnikow@mail.ru

Реченко Денис Сергеевич, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», Омский государственный технический университет, Омск, Россия; rechenko-denis@mail.ru

Лопатин Борис Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты», Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте, Златоуст, Россия; lopatinba@susu.ru

Information about the authors

Nikolay Yu. Kapalin, postgraduate student, Omsk State Technical University, Omsk, Russia; karanick@mail.ru

Oleg O. Berdnikov, postgraduate student, Omsk State Technical University, Omsk, Russia; oleg-berdnikow@mail.ru

Denis S. Rechenko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department “Metal-cutting machines and tools”, Omsk State Technical University, Omsk, Russia; rechenko-denis@mail.ru

Boris A. Lopatin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology, Machines, and Tools, South Ural State University, Zlatoust Branch, Zlatoust, Russia; lopatinba@susu.ru

Статья поступила в редакцию 17.02.2026; принята к публикации 26.02.2026.

The article was submitted 17.02.2026; accepted for publication 26.02.2026.