

УДК 621.9.015

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ И СТАЛЕЙ

© 2012 А. Н. Жидяев, А. В. Мещеряков, Н. Д. Проничев, А. П. Шулепов

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния режимов фрезерования и упрочнения микрошариками на параметры качества поверхностного слоя.

Шероховатость, микротвёрдость, фрезерование, упрочнение.

Эксплуатационные свойства изделий во многом определяются качеством поверхностного слоя составляющих деталей. При разработке новых технологических процессов на многокоординатном оборудовании с применением твердосплавного инструмента с покрытием условия формирования поверхностного слоя меняются. Необходимо провести исследование влияния различных режимов фрезерования и последующего упрочнения на качество поверхностного слоя обработанной поверхности.

Исследование влияния режимов фрезерования на параметры качества поверхностного слоя осуществлялось на образцах из жаропрочного сплава ХН45МВТЮБР-ИД. Обработка осуществлялась четырёхзубой фрезой диаметром 12 мм с радиусом скругления 1,5 мм. В качестве начальных были приняты режимы, на которых происходит обработка пера лопаток 11 ступени: скорость резания $V - 60$ м/мин, подача на зуб $f - 0,08$ мм/зуб, ширина фрезерования $B - 2$ мм, глубина фрезерования $Z - 0,2$ мм, угол наклона фрезы относительно обрабатываемой плоскости $A - 5^\circ$. Схема обработки представлена на рис. 1. Фрезерования осуществлялось строчками, т.е. параллельными проходами в горизонтальной плоскости. Вид фрезерования – попутное.

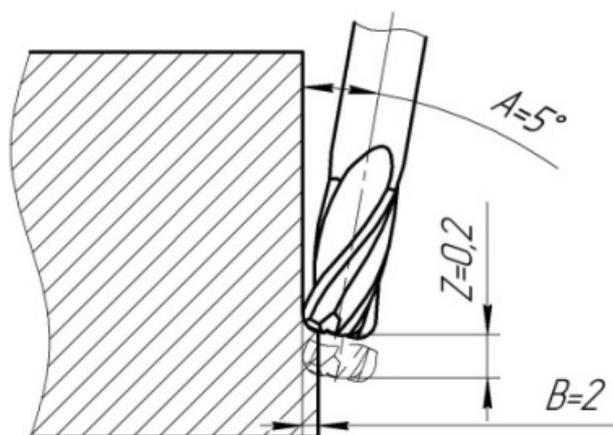


Рис. 1. Схема фрезерования образцов

Для приготовления образцов был использован технологический напуск на заготовках лопаток направляющего аппарата 11 ступени. Вырезка образцов осуществлялась на проволочном электроэрозионном станке. Были получены образцы размером 10x12x15 мм.

Исследования проводились при изменении скорости резания V , подачи на зуб f , ширины фрезерования B , глубины фрезерования Z , угла наклона фрезы относительно обрабатываемой плоскости A . Выбранные режимы представлены в табл. 1. Номер образца состоит из буквы (параметр режима резания, который изменяется в данной группе режимов) и цифры (порядковый номер образца).

Таблица 1. Режимы обработки образцов для проведения исследований

Номер образца	Расчётная скорость резания, м/мин	Обороты шпинделя, об/мин	Подача на зуб, мм/зуб	Подача минутная, мм/мин	Ширина фрезерования, мм	Глубина фрезерования, мм	Угол наклона фрезы, °
V1	55	1 459	0,08	467	2,0	0,2	5,0
V2	60	1 592		509			
V3	65	1 724		552			
V4	70	1 857		594			
V5	75	1 989		637			
V6	80	2 122		679			
V7	85	2 255		722			
V8	60	1 592		509			
F9	60	1 592	0,06	382	2,0	0,2	5,0
F10			0,08	509			
F11			0,10	637			
F12			0,12	764			
B13	60	1 592	0,08	509	0,5	0,2	5,0
B14					1,0		
B15					1,5		
B16					2,0		
B17					2,5		
Z18	60	1 592	0,08	509	2,0	0,1	5,0
Z19						0,2	
Z20						0,3	
A21	60	1 592	0,08	509	2,0	0,2	5,0
A22							7,5
A23							10,0
A24							12,5

Обработка осуществлялась на фрезерном станке Mikron UCP 800 Duo. На рис. 2 показаны образцы F9 – F10 после фрезерной обработки.



Рис. 2. Образцы F9 – F10 после фрезерной обработки

После обработки всех образцов проводилось измерение шероховатости поверхности на профилографе Hommel-Etamic W55. Измерение проводилось в соответствии с ГОСТ 2789-73. Базовая длина составляла 0,8 мм, опорная длина профиля – 4,8 мм, скорость движения датчика – 0,5 мм/с.

Измерение проводилось в двух направлениях: поперёк и вдоль строчки фрезерования. При выборе для измерения разных участков получают различные

значения среднего арифметического отклонения профиля R_a , поэтому измерение проводилось на 10 параллельных участках. При движении поперёк строчки измерение проводилось со смещением 0,02 мм, при измерении вдоль – со смещением 0,05 мм. Далее определялось среднее значение. Измерения поперёк строчек были более стабильными, чем измерения вдоль строчек. По результатам построены графики (рис. 3 – 7).

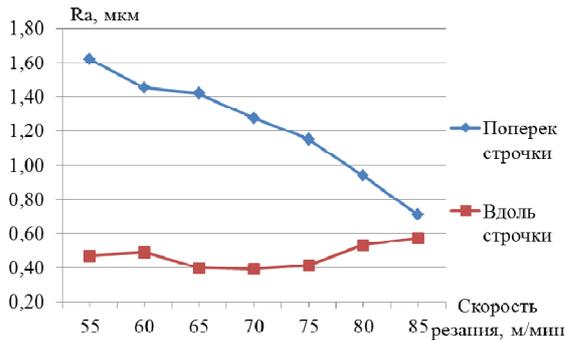


Рис. 3. Зависимость шероховатости от скорости резания

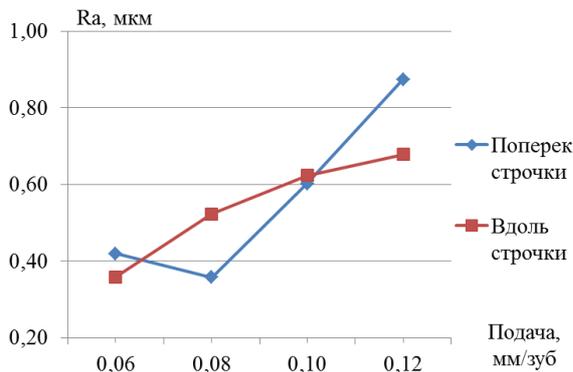


Рис. 4. Зависимость шероховатости от подачи на зуб

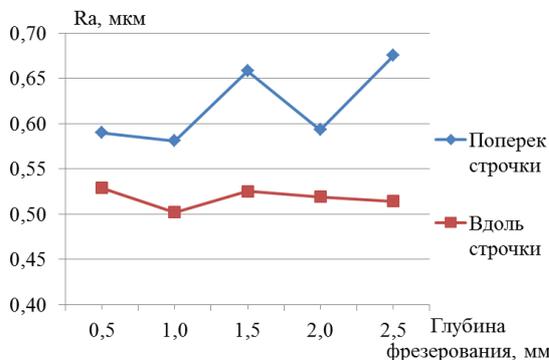


Рис. 5. Зависимость шероховатости от ширины фрезерования

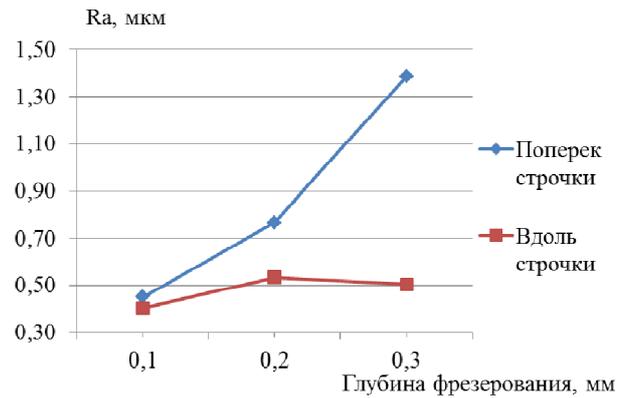


Рис. 6. Зависимость шероховатости от глубины фрезерования

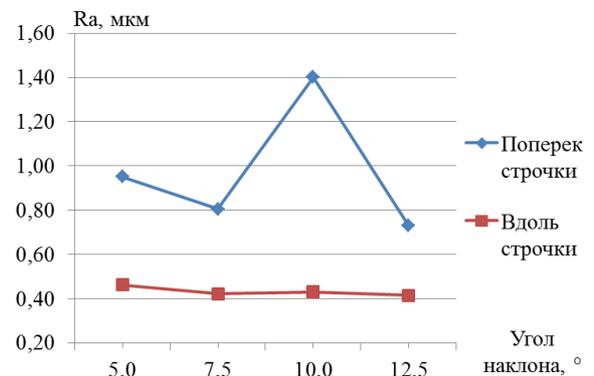


Рис. 7. Зависимость шероховатости от угла наклона фрезы

По графикам можно сделать следующие выводы.

1. Увеличение скорости резания приводит к снижению шероховатости в направлении поперёк строчки, вдоль строчки изменения незначительны.
2. Увеличение подачи приводит к увеличению шероховатости, т.к. увеличивается высота гребешков, оставляемых зубьями фрезы.
3. Изменение ширины фрезерования незначительно влияет на шероховатость поверхности. Возможно увеличение шероховатости из-за больших сил резания при увеличении ширины.
4. При увеличении глубины фрезерования увеличиваются гребешки между соседними строчками, это приводит к росту шероховатости при измерении поперёк строчки.
5. При изменении угла наклона оси фрезы к обрабатываемой поверхности происходит изменение геометрии режущей части относительно поверхности, и поэтому

шероховатость также изменяется при изменении угла наклона. Лучшая чистота поверхности получается при углах 7,5° и 12,5°.

Далее проводилось измерение микротвёрдости поверхности образцов по Виккерсу. Для измерений на микроскопе ПМТ-3 наносились отпечатки вдавливанием алмазной пирамиды с четырёхгранным основанием в соответствии с ГОСТ 9450-76. Нагрузка – 200 г, время выдержки нагрузки – 3 с. Пример отпечатка показан на рис. 8. Измерения микротвёрдости по отпечаткам проводились на микроскопе Tescan Vega.

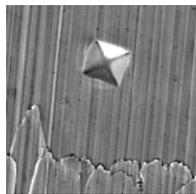


Рис. 8. Отпечаток на образце F9 от вдавливания алмазного наконечника для измерения микротвёрдости

Для определения микротвёрдости образцов проводились измерения по трём отпечаткам. По результатам измерений определены средние значения, по которым построены графики (рис. 9 – 12).

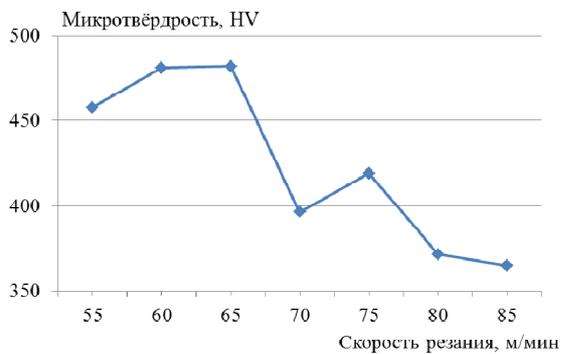


Рис. 9 Зависимость микротвёрдости образцов от скорости резания

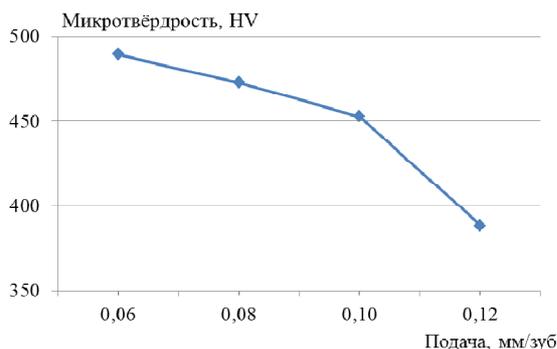


Рис. 10. Зависимость микротвёрдости образцов от подачи на зуб

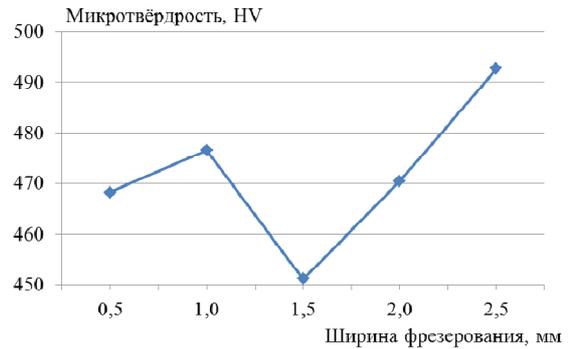


Рис. 11. Зависимость микротвёрдости образцов от ширины фрезерования

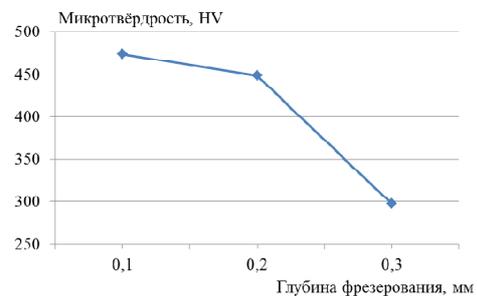


Рис. 12. Зависимость микротвёрдости образцов от глубины фрезерования

По графикам можно сделать следующие выводы.

1. Увеличение скорости резания, подачи на зуб или глубины фрезерования приводит к снижению микротвёрдости поверхности.
2. При изменении ширины фрезерования микротвёрдость меняется в небольших пределах по сравнению с изменениями от других параметров режимов фрезерования. Явная тенденция отсутствует, и для получения более чёткой картины необходимо сделать большее количество отпечатков для проведения измерений.

Исследование влияния упрочнения профилей пера лопаток компрессора на поверхностный слой деталей осуществлялось на рабочих лопатках 10 (жаропрочная сталь 15X12H2MVФAB-Ш), рабочих лопатках 11 и 15 (жаропрочный сплав ХН45МВТЮБР-ИД) ступеней компрессора. Упрочнение проводилось микрошариками.

Измерение шероховатости поверхности проводилось на профилографе Hommel-Etamic W55. Базовая длина составляла 0,8 мм, опорная длина профиля – 4,8 мм, скорость движения датчика – 0,5 мм/с.

Профилограммы представлены на рис. 13 – 15.

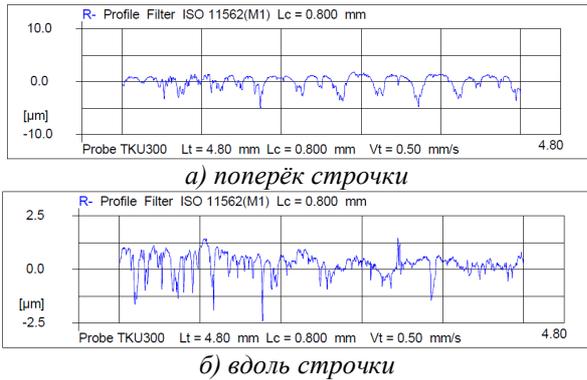


Рис. 13 – Профилограммы поверхности пера лопатки 10 ступени при измерении поперёк и вдоль строчки после упрочнения

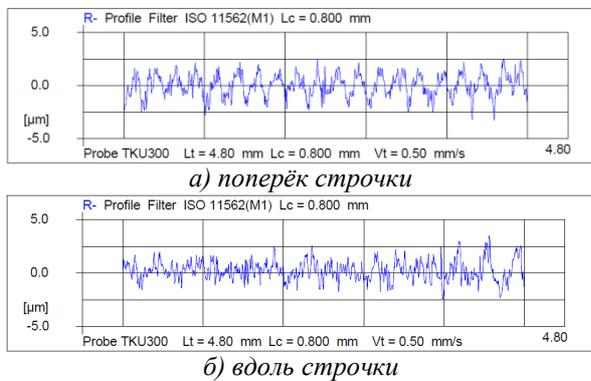


Рис. 14 – Профилограммы поверхности пера лопатки 11 ступени при измерении поперёк и вдоль строчки после упрочнения

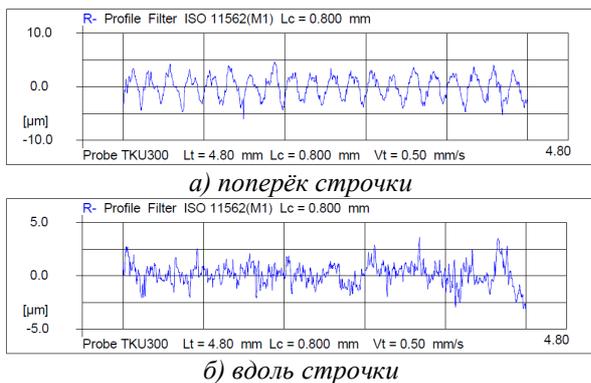


Рис. 15 – Профилограммы поверхности пера лопатки 15 ступени при измерении поперёк и вдоль строчки после упрочнения

Измерение проводилось в двух направлениях: поперёк и вдоль строчки фрезерования на 10 параллельных участках. При движении поперёк строчки измерение проводилось со смещением 0,02 мм, при измерении вдоль – со смещением 0,05 мм.

По результатам построена диаграмма (рис. 16).

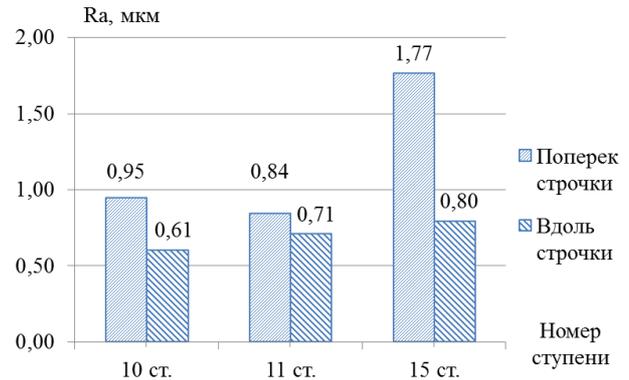


Рис. 16 – Шероховатость поверхности пера лопаток 10, 11 и 15 ступеней компрессора

На рис. 17 приведено сравнение шероховатости пера лопаток 10-й и 11-й ступеней компрессора после фрезерования с шероховатостью после упрочнения.

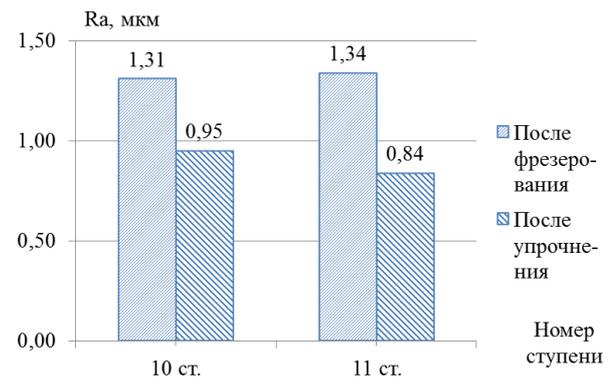
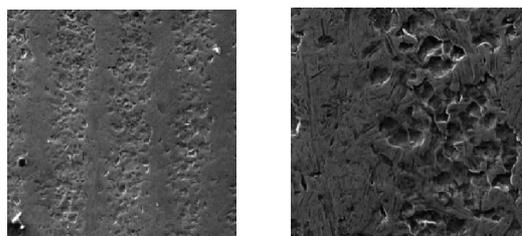


Рис. 17 – Шероховатость поверхности пера лопаток 10 и 11 ступеней компрессора после фрезерования и последующего упрочнения

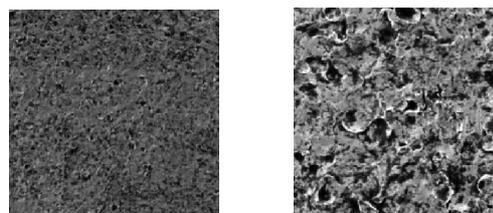
Упрочняющая обработка позволяет снизить шероховатость поверхности, но требуется дополнительная доводочная операция для снижения шероховатости.

Далее проводилось измерение микротвёрдости поверхности образцов. На микроскопе ПМТ-3 наносились отпечатки алмазной пирамидой под нагрузкой 200 г. Время выдержки нагрузки составляло 3 с. Измерения микротвёрдости по отпечаткам проводились на микроскопе Tescan Vega. На микроскопе были получены изображения пера лопаток 10-й, 11-й и 15-й ступеней компрессора (рис. 18 – 20).



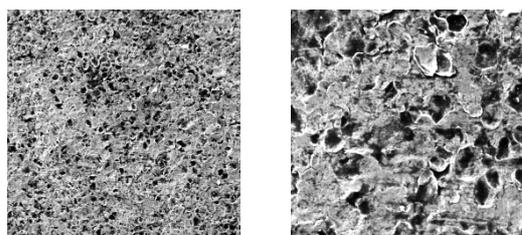
а) увеличение в 300 раз б) увеличение в 1000 раз

Рис. 18 – Поверхность пера лопатки 10 ступени после упрочнения при увеличении в 300 и 1000 раз



а) увеличение в 300 раз б) увеличение в 1000 раз

Рис. 20 – Поверхность пера лопатки 15 ступени после упрочнения при увеличении в 300 и 1000 раз



а) увеличение в 300 раз б) увеличение в 1000 раз

Рис. 19 – Поверхность пера лопатки 11 ступени после упрочнения при увеличении в 300 и 1000 раз

На рис. 21 показана диаграмма сравнения микротвёрдости лопаток 10-й, 11-й и 15-й ступеней компрессора после упрочнения.

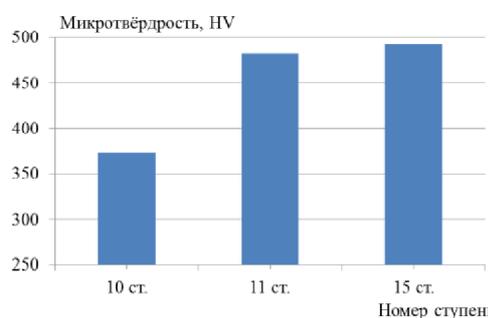


Рис. 21 – Микротвёрдость лопаток 10, 11 и 15 ступеней компрессора после упрочнения

MILLING AND MICROBALLS STRENGTHENING CONDITIONS INFLUENCE ON HIGH-TEMPERATURE ALLOIES AND STEELS PART'S COATING SURFACE QUALITY EXPERIMENTAL INVESTIGATION

© 2012 A. N. Zhidyaev, A. V. Mesheryakov, N. D. Pronichev, A. P. Shulepov

Samara State Aerospace University
named after academician S. P. Korolyov (National Research University)

Milling and microballs strengthening conditions influence on part's coating surface quality experimental investigation results are provided.

Roughness, microhardness, milling, strengthening.

Информация об авторах

Жидяев Алексей Николаевич, инженер кафедры производства двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: a.n.zhidyaev@gmail.com. Область научных интересов: механическая обработка материалов.

Мещеряков Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры производства двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: pdla@ssau.ru. Область научных интересов: технология производства двигателей летательных аппаратов.

Проничев Николай Дмитриевич, доктор технических наук, профессор кафедры производства двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный

аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва. E-mail: pdla@ssau.ru.
Область научных интересов: технология производства двигателей летательных аппаратов.

Шулепов Александр Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры производства двигателей летательных аппаратов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: pdla@ssau.ru. Область научных интересов: технология производства двигателей летательных аппаратов.

Zhidyaev Alexey Nikolaevich, engineer of aircraft engine production department, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: a.n.zhidyaev@gmail.com. Area of research: mechanical materials machining.

Mesheryakov Alexander Viktorovich, associate professor of aircraft engine production department, candidate of technical sciences, associate professor, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: pdla@ssau.ru. Area of research: aircraft engine production technology.

Pronichev Nicolay Dmitrievich, professor of aircraft engine production department, doctor of technical sciences, professor, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: pdla@ssau.ru. Area of research: aircraft engine production technology.

Shulepov Alexander Pavlovich, associate professor of aircraft engine production department, candidate of technical sciences, associate professor, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University). E-mail: pdla@ssau.ru. Area of research: aircraft engine production technology.