

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ ПИЛЬНОГО ВАЛА ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ШПОНОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ КЛЕЕВЫМ

Д.Р. Тарасов

tarasov.d.r@gmail.com

SPIN-код: 7094-4616

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрена возможность замены шпоночного соединения клеевым при сборке пильного вала, входящего в состав тихоходной ступени червячного редуктора и используемого для передачи крутящего момента на режущие пилы. Выполнена качественная оценка экономической эффективности принятого решения, а также оценка трудоемкости реализации данного метода. Проведен расчет прочности клеевого соединения, необходимой для выполнения служебного назначения узла и изделия в целом. Проанализированы рекомендуемые для рассмотренного типа соединения клеевые составы зарубежных и отечественных производителей. Составлена блок-схема, отражающая алгоритм методики выбора клеевого состава. На основании проведенных расчетов и анализа продукции выбран наилучший для рассмотренного случая клеевой состав.

Ключевые слова

Шпоночные соединения, клеевое соединение, клеевой состав, прочность на сдвиг, время отверждения, алгоритм сборки, прочность соединения, трудоемкость сборочных работ

Поступила в редакцию 15.01.2020

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019

Введение. Клеевые соединения находят все большее распространение в машиностроении в силу своих неоспоримых достоинств: они дают возможность соединять самые разнообразные материалы, в них более равномерно распределены напряжения, клеи обладают атмосферостойкостью, способностью противостоять коррозии. Также клеи позволяют повысить прочность конструкций, уменьшить массу изделий, обеспечить герметичность соединений, сократить количество операций, тем самым снизив затраты на оборудование и время изготовления изделия. Широкая номенклатура клеевых материалов позволяет применять их во многих технологических процессах и обеспечивать требования, предъявляемые к готовым изделиям. Таким образом, клеевые соединения можно признать экономичными, простыми в использовании, снижающими металлоемкость конструкций видом неразъемного соединения [1].

Благодаря такому количеству достоинств клеевые соединения обладают преимуществами по сравнению с заклепочными, шпоночными, болтовыми и прочими соединениями, поэтому могут являться заменой соединениям вышеуказанных видов.

В данной работе рассмотрена возможность замены шпоночного соединения клеевым на примере конструкции тихоходной ступени червячного редуктора. В этом случае применяется жидкий клеевой состав средней вязкости, который полностью покрывает контактирующие поверхности и, отверждаясь, склеивает их. При этом склеивание упрощает конструкцию, изготовление и сборку деталей.

Проанализируем целесообразность замены шпоночного соединения клеевым при установке червячного колеса на вал.

Описание конструкции механизма, в котором присутствует шпоночное соединение. Шпоночное соединение служит для передачи вращательного момента с червячного колеса на вал в тихоходной ступени червячного редуктора. Конструкция тихоходной ступени червячного редуктора приведена на рис. 1.

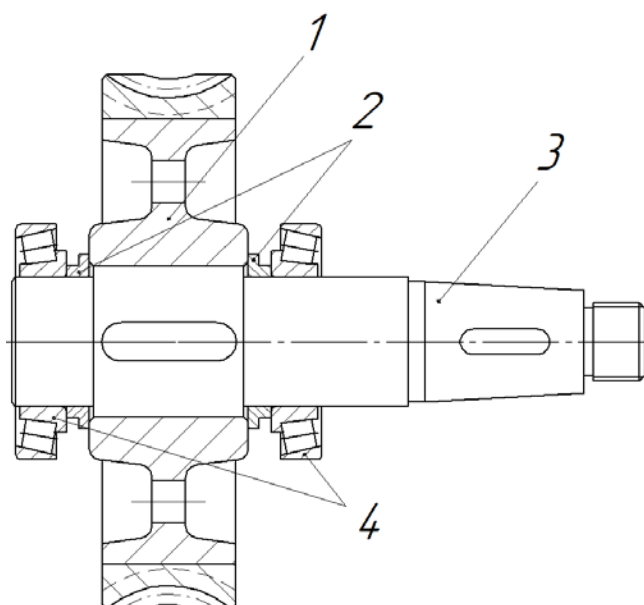


Рис. 1. Конструкция тихоходной ступени в сборе:

1 — червячное колесо; 2 — кольцо; 3 — вал;
4 — роликовый конический подшипник 7212А (ГОСТ 27365–70)

На вал 3 напрессовано червячное колесо 1. С двух сторон запрессовываются последовательно два кольца 2 и два конических роликовых подшипника 4.

Тихоходная ступень установлена в редукторе. Вращательный момент передается на червячное колесо 1, после через шпоночное соединение на вал 3, с вала через муфту на конвейер.

Анализ рациональности использования клеевого соединения. Изделие, рассматриваемое в данной работе, изготавливают в условиях среднесерийного производства. При производстве тихоходной ступени червячного редуктора для соединения червячного колеса и вала используется шпоночное соединение. Материал контактирующих материалов — сталь 40ХН.

Основными преимуществами шпоночного соединения являются:

- а) простота конструкции;
- б) легкость монтажа и демонтажа;
- в) экономичность по сравнению с некоторыми другими видами соединений вал-ступица (шлицевые соединения, фрикционные соединения).

Однако шпоночное соединение имеет ряд недостатков:

- а) шпоночные пазы ослабляют прочность вала и ступицы;
- б) концентрация напряжений, возникающих в зоне шпоночного паза, снижает сопротивление усталости;
- в) процесс изготовления таких соединений достаточно трудоемкий.

Для шпоночного соединения необходимо получить посадку $H7/r6$, для клеевого соединения — $H8/h8$.

Для анализа трудоемкости рассмотрим операции, необходимые для получения посадочных поверхностей колеса и вала в случаях шпоночного и клеевого соединений (табл. 1).

Таблица 1

Операции получения посадочных поверхностей, Н/мм²

Шпоночное соединение		Клеевое соединение	
Вал	Колесо	Вал	Колесо
Т с ЧПУ	Т с ЧПУ	Т с ЧПУ	Т с ЧПУ
ВФ с ЧПУ	Термическая	—	Термическая
КШ	ГП	—	Т с ЧПУ
—	Т с ЧПУ	—	—
—	Т с ЧПУ	—	—

Примечание. Т с ЧПУ — токарная с ЧПУ, ВФ с ЧПУ — вертикально-фрезерная с ЧПУ, КШ — круглошлифовальная, ГП — горизонтально-протяжная.

Как видно из табл. 1, количество операций для получения посадочных поверхностей шпоночного соединения больше.

Чтобы оценить разницу в трудоемкости изготовления, необходимо рассчитать ее значение для тех операций, которые не используются для получения посадочных поверхностей клеевого соединения.

Трудоемкость обработки детали-представителя для серийного типа производства определяется для каждой группы оборудования по формуле

$$T_{\text{тр}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{\text{ш-к}i} N}{60},$$

где $t_{\text{ш-к}i}$ — штучно-калькуляционное время выполнения i -й операции обработки детали.

Штучно-калькуляционное время вычисляется по формуле

$$t_{ш-к i} = t_{ш i} + \frac{T_{п-з i}}{n_p},$$

где $t_{ш i}$ — штучное время выполнения i -й операции; $T_{п-з i}$ — подготовительно-заключительное время на i -й операции; n_p — число деталей в партии [2].

Штучное время определяется по формуле

$$t_{шт} = (t_o + t_b) \left(1 + \frac{\alpha_{т.о} + \alpha_{о.о} + \alpha_{п}}{100} \right),$$

где t_o — суммарное основное время по всем технологическим переходам, выполняемым на данной операции, мин; t_b — суммарное вспомогательное время по всем вспомогательным и технологическим переходам, выполняемым в операции, мин; $\alpha_{т.о} = 6\%$ — доля времени на техническое обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени; $\alpha_{о.о} = 8\%$ — доля времени на организационное обслуживание рабочего места в процентах от оперативного времени; $\alpha_{п} = 4\%$ — доля времени перерывов на отдых и личные потребности в процентах от оперативного времени [3]. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Штучное время детали представителя

Группа оборудования	$t_{осн}$	$t_{всп}$	$\alpha_{т.о}$	$\alpha_{о.о}$	$\alpha_{пер}$	$T_{шт}$, МИН
Токарная с ЧПУ	0,217	0,40	6	8	4	0,728
Вертикально-фрезерная с ЧПУ	0,380	0,40	6	8	4	0,920
Круглошлифовальная	1,576	1,54	6	8	4	3,677
Горизонтально-протяжная	2,696	0,33	6	8	4	3,571

Подготовительно-заключительное время, принятое по нормативам [4], рассчитывается по формуле

$$T_{п-з} = T_{оснащ} + T_{налад} + T_{инстр},$$

где $T_{оснащ} = 10$ мин — время на получение инструмента, оснастки и документации; $T_{налад}$ — время на наладку оборудования; $T_{инстр} = 3$ мин — время на инструктаж рабочего; В условиях среднесерийного производства примем размер партии $n_p = 5$ шт. [5]. Результаты расчета представлены в табл. 3.

Используя данные табл.2 и 3, определим трудоемкость обработки детали-представителя для серийного типа производства. Результаты расчета представлены в табл. 4.

Таблица 3

Подготовительно-заключительное время детали-представителя

Группа оборудования	$T_{\text{оснащ}}$	$T_{\text{налад}}$	$T_{\text{инстр}}$	$T_{\text{п-з, мин}}$
Токарная с ЧПУ	10	27,7	3	40,7
Вертикально-фрезерная с ЧПУ	10	30,2	3	43,2
Круглошлифовальная	10	20,4	3	30,7
Горизонтально-протяжная	10	22,5	3	35,5

Таблица 4

Трудоемкость изготовления детали-представителя

Группа оборудования	$T_{\text{шт, мин}}$	$T_{\text{п-з, мин}}$	$T_{\text{ш-к, мин}}$	$T_{\text{тр, чел.-ч}}$
Токарная с ЧПУ	0,728	40,7	5,815	86,42
Вертикально-фрезерная с ЧПУ	0,920	43,2	6,320	105,33
Круглошлифовальная	3,677	30,7	7,515	125,25
Горизонтально-протяжная	3,571	35,5	8,001	133,35

Разница в трудоемкости составила

$$T_{\text{тр}} = 86,42 + 105,33 + 125,25 + 133,35 = 450,35 \text{ чел.-ч.}$$

Принимая во внимание вышеуказанные данные, можно сделать вывод о том, что в целях повышения производительности, облегчения технологического процесса стоит рассмотреть вариант замены шпоночного соединения клеевым.

Подбор клеевого состава и разработка методики выбора. Необходимо составить список критериев, по которым выбирают клеевой состав. Его составляют исходя из условий производства и работы рассматриваемого тихоходной ступени. Далее по каталогу производителей находят аналогичные по типу клеевые составы, удовлетворяющие предъявляемым требованиям. На следующем этапе из группы клеевых составов производителей путем сравнения характеристик, выбирают удовлетворительный вариант. В заключении выбранные продукты от разных производителей, обладающие лучшими из своей группы характеристиками, сравнивают и выбирают наиболее подходящий для исполнения поставленных задач клеевой состав. Алгоритм методики выбора клеевого состава в виде блок-схемы представлен на рис. 3.

Чтобы подобрать подходящий для данного случая клеевой состав, нужно выдвинуть ряд требований, которым он должен удовлетворять: а) обладать наименьшим временем отверждения, чтобы не давать проигрыш в производительности сборки тихоходной ступени; б) обеспечивать требуемую прочность соединения, не уступая в этом шпоночному соединению.

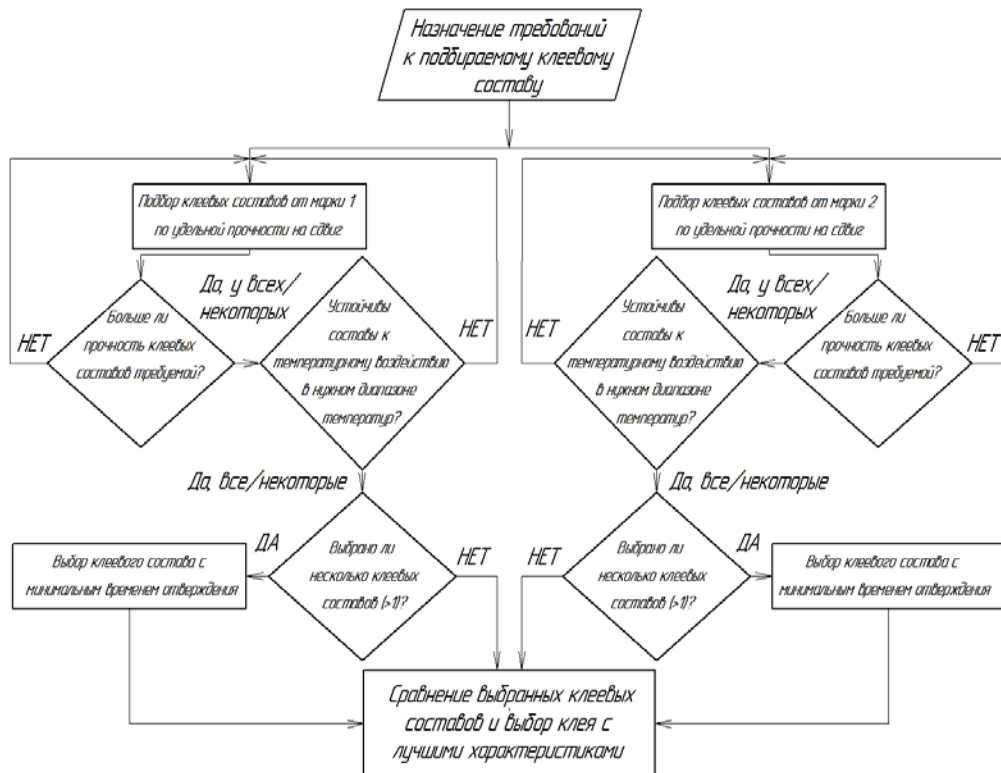


Рис. 3. Алгоритм методики выбора клеивого состава

Для выбора клеивого состава требуется определить необходимую прочность клея на сдвиг. Расчет будем проводить исходя из максимального передаваемого шкивом вращательного момента: $M = 1600 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Воспользуемся формулой расчета максимального крутящего момента (M , $\text{Н} \cdot \text{м}$), приведенной в справочнике по выбору клеивых составов:

$$M = \frac{\pi d^2 l \tau_{\text{в2}} f_c}{2000},$$

где $d = 71 \text{ мм}$ — диаметр соединения; $l = 75 \text{ мм}$ — длина соединения; $\tau_{\text{в2}}$ — статическая прочность клея на сдвиг, МПа; f_c — произведение поправочных коэффициентов f_1, \dots, f_4 .

Выразив статическую прочность клея на сдвиг, получим

$$\tau_{\text{в2}} = \frac{M \cdot 2000}{\pi d^2 l f_c}.$$

По справочнику определим коэффициенты f_1, \dots, f_4 :

- коэффициент типа материала $f_1 = 0,9$ (для соединения деталей из легированной стали);
- коэффициент типа сборки $f_2 = 1$ (для сборки с зазором);

- коэффициент зазора $f_3 = 0,85$ (для зазора не более 0,15 мм);
- коэффициент геометрии соединения $f_4 = 0,6$ (для $d = 71$ мм, $l = 75$ мм).

Подставив вышеперечисленные значения в формулу, получим минимально необходимую прочность клея на сдвиг:

$$\tau_{в2} = \frac{2000 \cdot 1600}{\pi \cdot 71^2 \cdot 75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,6} = 5,28 \text{ Н/мм}^2.$$

Для выбора клеевой продукции воспользуемся сайтом торговой марки Loctite (Германия), которая является лидером рынка по производству клеевых составов различного назначения.

Для фиксации цилиндрических поверхностей рекомендуется применять линейку Loctite 600. Это серия однокомпонентных акриловых составов с анаэробным типом отверждения. Для соединения стальных деталей типа вал-втулка данными клеевыми составами предусмотрен рекомендуемый зазор в диапазоне 0,10...0,15 мм и температурой работы до 50 °С. Для обеспечения наиболее высокой точности соединения выбираем наименьший рекомендуемый зазор, равный 0,1 мм. Из представленной линейки были отобраны составы Loctite 603, Loctite 641 и Loctite 660. Сравним данные составы по требуемым показателям.

Сравнение удельной прочности клеевых составов на сдвиг. Основной рассматриваемой характеристикой данных клеев будет удельная прочность на сдвиг после полного отверждения состава. Так, для Loctite 603 она составляет 25,0 Н/мм², Loctite 641 — 11,5 Н/мм², Loctite 660 — 23,0 Н/мм². Требуемая удельная прочность равна 5,28 Н/мм². Таким образом, любой из выбранных составов достигает необходимой прочности клеевого соединения после полного отверждения.

Сравнение устойчивости к температурному воздействию. На рис. 5 представлены графики, иллюстрирующие температурную стойкость выбранных клеевых составов.

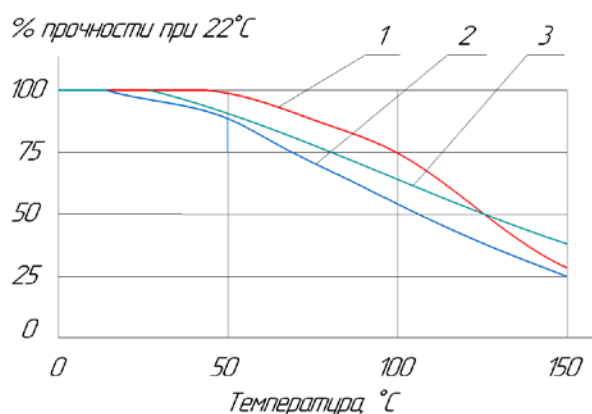


Рис. 5. Зависимость прочности соединения на сдвиг от температуры клеевых составов:

1 — Loctite 603; 2 — Loctite 641; 3 — Loctite 660

По графикам видно, как изменяется прочность составов с повышением температуры. В интересующем нас диапазоне повышенных температур (до +50°C) прочность клеев составила:

- Loctite 603 — 98,8 % от первоначальной: 24,707 Н/мм² > 5,28 Н/мм²;
- Loctite 660 — 90,7 % от первоначальной: 20,862 Н/мм² > 5,28 Н/мм²;
- Loctite 641 — 88,6 % от первоначальной: 10,192 Н/мм² > 5,28 Н/мм².

Таким образом, все рассмотренные клеевые составы подходят для требуемой цели, поскольку обеспечивают работу изделия при температуре до 50 °С.

Сравнение времени отверждения клеевых составов. В силу того, что тип производства среднесерийный и одна из целей прорабатываемой работы — повысить производительность сборки, стоит добавить подогрев клеевого шва при температуре 40 °С с использованием специальной насадки [6], так как это повлечет увеличение производительности [7, 8]. Поэтому рассмотрим график отверждения выбранных клеевых составов Loctite отдельно. График зависимости прочности соединения при 22 °С от времени отверждения представлен на рис. 6.

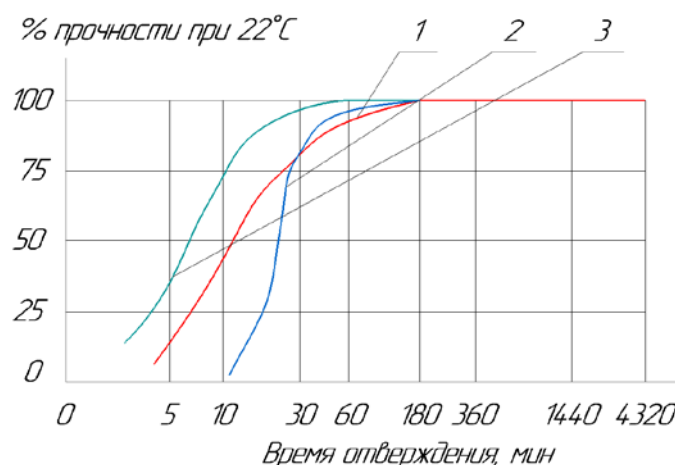


Рис. 6. Зависимость прочности от времени отверждения составов:

1 — Loctite 603; 2 — Loctite 641; 3 — Loctite 660

На рис. 6 видно, что время отверждения при 22°C составило для клеевых составов: Loctite 660 — 60 мин; Loctite 641 — 180 мин; Loctite 603 — 180 мин.

Следует отдать предпочтение клеевому составу Loctite 660, так как его время отверждения является минимальным.

Таким образом, из клеевых составов марки Loctite выберем Loctite 660.

Помимо зарубежных производителей, необходимо обратиться к отечественным производителям, в частности ФГУП «НИИ полимеров» [9]. Для склеивания вала со шкивом можно использовать следующие продукты: а) АНАТЕРМ-105, б) АНАТЕРМ-111.

Сравним клеевые составы производства ФГУП «НИИ полимеров» по требуемым критериям.

Сравнение диапазона рабочих температур. На рис. 7 представлены графики, иллюстрирующие температурную стойкость выбранных клеевых составов.

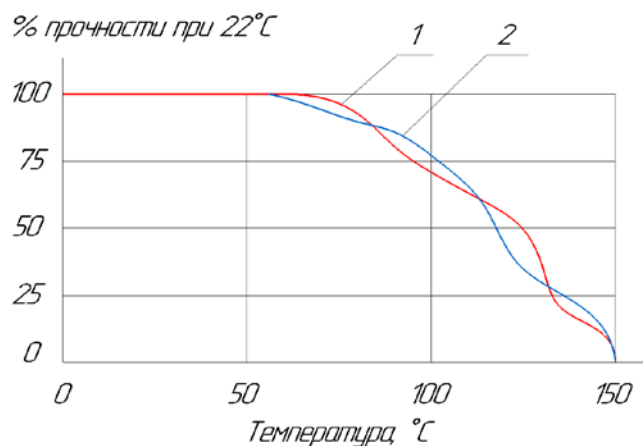


Рис. 7. Зависимость прочности состава от температуры:

1 — АНАТЕРМ-105; 2 — АНАТЕРМ-111

В интересующем нас диапазоне повышенных температур (до +50°C) прочность клеев не изменилась.

Сравнение времени отверждения клеевых составов. Рассмотрим график, характеризующий изменение прочности соединения от времени отверждения выбранных клеевых составов АНАТЕРМ (рис. 8).

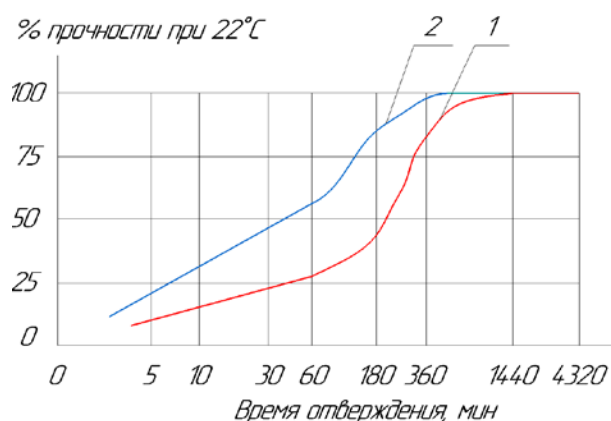


Рис. 8. Зависимость прочности соединения от времени отверждения составов:

1 — АНАТЕРМ-105; 2 — АНАТЕРМ-111

На рис. 8 видно, что время отверждения при температуре 22 °C составило для клеевых составов: АНАТЕРМ-111 — 480 мин и АНАТЕРМ-105 — 1440 мин.

Поэтому следует отдать предпочтение клеевому составу АНАТЕРМ-111.

Сравнение прочности клеевых составов. Максимальная прочность на сдвиг клеевого состава АНАТЕРМ-105 составляет 20 Н/мм², АНАТЕРМ-111 —

20 Н/мм². Следовательно, сравнив прочности клеевых составов с требуемой 5,28 Н/мм², сделаем вывод, что оба клеевых состава удовлетворяет требованиям по прочности.

Выбор клеевого состава марки АНАТЕРМ. Проанализировав пару клеевых составов производства ФГУП «НИИ полимеров», можно сделать несколько выводов: 1) данные составы подходят для сборки рассматриваемого соединения, 2) следует выбрать клей АНАТЕРМ-111, поскольку он обладает меньшим временем полного отверждения.

Окончательный выбор клеевого состава. В результате проведенного анализа были выбраны два клеевых состава: Loctite 660 и АНАТЕРМ-111. Так как по представленным характеристикам, необходимым для работы соединения оба состава подходят, проведем критический анализ данных характеристик (табл. 5).

Таблица 5

Сравнительная характеристика выбранных составов

Требуемая характеристика	Loctite 603	АНАТЕРМ-111
Прочность состава при повышенных температурах, Н/мм ²	20,862	20
Время отверждения состава, мин	60	480
Цена состава на единицу продукции, руб.	45	80,8

Выводы. На основе проделанной работы можно сделать следующие выводы.

1. Замена шпоночного соединения клеевым в рассматриваемом примере оправдана, поскольку положительно сказывается на трудоемкости, сокращая ее на 450,35 чел.-ч.

2. Выбранный клеевой состав LOCTITE 660 обеспечивает нужную прочность соединения при работе в заданных условиях.

3. Использование клеевых составов относится к «зеленым технологиям», что увеличивает возможность их выбора при дальнейшем развитии машиностроения.

Литература

- [1] Винокурова М.Э., Коновалов Д.П. Замена посадки с натягом клеевым соединением в технологическом процессе сборки редуктора. *Главный механик*, 2018, № 12, с. 40–46.
- [2] Мельников Г.Н., Вороненко В.П. Проектирование механосборочных цехов. М., Машиностроение, 1990.
- [3] Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. М., Кнорус, 2012.
- [4] Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных многоцелевых станках с числовым программным управлением. Ч. 1. Нормативы времени. М., Экономика, 1990.
- [5] Упрощенный метод назначения вспомогательного и подготовительно-заключительного времени. *проминструмент.рф: веб-сайт*. URL: <https://xn--e1aflbecbhjekmek.xn--p1ai/index.php/instrument/57-tvstpz> (дата обращения: 15.09.2019).

- [6] Игнатов А.В., Винокурова М. Э. Способ соединения деталей склеиванием. Патент РФ 2652487. Заявл. 18.05.2017, опубл. 26.04.2018.
- [7] Винокурова М.Э. Сборка регулируемых цилиндрических клеевых соединений. Дисс. ... канд. техн. наук. М., МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017.
- [8] Игнатов А.В., Винокурова М.Э. Исследование технологического способа повышения качества сборки регулируемых цилиндрических клеевых соединений. *Наука и образование: научное издание*, 2017, № 6. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_30585838_67569405.pdf
- [9] Сайт ФГУП «НИИ полимеров». URL: <http://www.nicp.ru> (дата обращения: 15.09.2019).

Тарасов Данила Романович — студент кафедры «Технологии машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Захарова Маргарита Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Тарасов Д.Р. Усовершенствование технологического процесса сборки пильного вала путем замены шпоночного соединения клеевым. *Политехнический молодежный журнал*, 2020, № 01(42). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2020-01-573>

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF SAW SHAFT ASSEMBLY BY REPLACING THE KEY CONNECTION WITH ADHESIVE

D.R. Tarasov

tarasov.d.r@gmail.com

SPIN-code: 7094-4616

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The paper describes a brief history of the creation of the first blooming - crimping mill for preliminary crimping steel ingots of large cross section into blooms. The way of creating Soviet blooming from the first draft to the first rolled stock is shown. Biographies are given of key figures who were directly involved in the creation of the first Soviet blooming. The scale of the project is described, which was expressed in the form of popularization of coins, stamps and magazines dedicated to the first Soviet blooming. Based on the study, it is proposed to highlight the importance of its creation for the development of not only heavy industry, but also other industries, such as metallurgy, tractor, automobile, and aircraft construction. The history of the emergence of the Department of Rolling and Drawing Production at the Bauman Moscow Mechanical Engineering Institute.

Keywords

Blooming, Izhora plant, revolution in industry, designers, heavy industry, Department of Rolling and Drawing Production, Novokramatorsky machine-building plant

Received 20.01.2020

© Bauman Moscow State Technical University, 2019

References

- [1] Vinokurova M.E., Konovalov D.P. Replacing the interference fit with the adhesive joint in the process of gearbox assembly. *Glavnyy mekhanik* [Chief mechanic engineer], 2018, no. 12, pp. 40–46 (in Russ.).
- [2] Mel'nikov G.N., Voronenko V.P. Proektirovanie mekhanosborochnykh tsekhov [Designing of machine-assembly departments]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990 (in Russ.).
- [3] Kondakov A.I. Kursovoe proektirovanie po tekhnologii mashinostroeniya [Course engineering on machine building technology]. Moscow, Knorus Publ., 2012 (in Russ.).
- [4] Obshchemashinostroitel'nye normativy vremeni i rezhimov rezaniya dlya normirovaniya rabot, vypolnyaemykh na universal'nykh mnogotselevykh stankakh s chislovyim programmym upravleniem. Ch. 1. Normativy vremeni [General norms in machine engineering of time and cutting regimes for standardization of work, carried out at universal machining centers with numerical program control. P. 1. Standard times]. Moscow, Ekonomika Publ., 1990 (in Russ.).
- [5] Uproshchennyy metod naznacheniya vspomogatel'nogo i podgotovitel'no-zaklyuchitel'nogo vremeni [Short method of auxiliary and preparation-finishing time assignment]. *prominstrument.rf: website* (in Russ.). URL: <https://xn--e1aflbecbhjekmek.xn--p1ai/index.php/instrument/57-tvstpz> (accessed: 15.09.2019).
- [6] Ignatov A.V., Vinokurova M. E. Sposob soedineniya detaley skleivaniem [Bonding of parts]. Patent RF 2652487. Appl. 18.05.2017, publ. 26.04.2018 (in Russ.).

- [7] Vinokurova M.E. Sborka reguliruemyykh tsilindricheskikh kleevykh soedineniy. Diss. ... kand. tekhn. nauk [Assembling of regulated cylindrical bonded joint. Kand. tech. sci. diss.]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2017 (in Russ.).
- [8] Ignatov A.V., Vinokurova M.E. Research of the processing method to improve joining quality of adjustable cylindrical adhesive joints. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie* [Science and Education: Scientific Publication], 2017, no. 6. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_30585838_67569405.pdf (in Russ.).
- [9] Website of FGUP "NII polimerov" (in Russ.). URL: <http://www.nicp.ru> (accessed: 15.09.2019).

Tarasov D.R. — Student, Department of Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Zakharova M.E., Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Tarasov D.R. Improvement of the technological process of saw shaft assembly by replacing the key connection with adhesive. *Politekhnichestkiy molodezhnyy zhurnal* [Politechnical student journal], 2020, no. 01(42). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2020-01-573.html> (in Russ.).