

Научные технологии в машиностроении. 2022. №10 (136). С. 34-41.
Science intensive technologies in mechanical engineering. 2022. №10 (136). P. 34-41.

Научная статья
УДК 62-91
doi:10.30987/2223-4608-2022-10-34-41

Влияние износа оборудования на качество изготовления изделий из композиционных материалов

Петр Владимирович Татанов¹, аспирант,
Дмитрий Александрович Шнайдер², инженер-технолог,
Андрей Романович Янюшкин³, магистрант,
Александр Сергеевич Янюшкин⁴, д.т.н.

^{1,2,4} Чувашский государственный университет имени И.Н.Ульянова, г. Чебоксары, Россия

³ Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола, Россия

¹ tatanov@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9919-6194>
² dmitrij.schneider@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2426-3839>

³ andreyyayushkin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5744-8987>

⁴ yanyushkinas@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1969-7840>

Аннотация. Рассмотрены аспекты производственного процесса полимерных изделий, влияющие на параметры готовой продукции, обеспечивающие ее длительную работоспособность. Представлены факторы, влияющие на технологический процесс: состояние оборудования, технологические параметры, качество сырья. Уделено внимание квалификации персонала участвующего в производственном процессе и правильной организации производства на стадии хранения сырья и подготовки его к производственному циклу.

Ключевые слова: износ оборудования, технологическая оснастка, полимерные материалы, качество продукции

Для цитирования: Татанов П.В., Шнайдер Д.А., Янюшкин А.Р., Янюшкин А.С. Влияние износа оборудования на качество изготовления изделий из композиционных материалов // Научные технологии в машиностроении. – 2022. – №10 (136). – С. 34-41. doi: 10.30987/2223-4608-2022-10-34-41.

Original article

Depreciation effect on equipment reliability of manufacturing products made of composite materials

Pyotr V. Tatanov¹, postgraduate student,
Dmitry A. Schneider², Process control engineer,
Andrey R. Yanushkin³, Master's degree student,
Alexander S. Yanushkin⁴, Dr.Sc.Tech.

^{1,2,4} I. N. Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russia
³ Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russia

¹ tatanov@list.ru, ² dmitrij.schneider@hotmail.com, ³ andreyyayushkin@mail.ru, ⁴ yanyushkinas@mail.ru

Abstract. Issues of manufacturing activity of polymer products that affect the parameters of finished goods, maintaining its long-run serviceability, are viewed. It possess of the factors influencing the technological process, such as condition of the equipment, technological parameters, and quality of raw materials. Attention is paid to the qualification of personnel involved in the manufacturing activity and proper management of production at the stage of raw material storage and preparing them for the operating cycle.

Keywords: depreciation, technological equipment, polymer materials, production quality

For citation: Tatanov P.V., Schneider D.A., Yanushkin A.R., Yanushkin A.S. Depreciation effect on equipment reliability of manufacturing products made of composite materials. / Science intensive technologies in Mechanical Engineering, 2022, no. 10 (136), pp. 34-41. doi: 10.30987/2223-4608-2022-10-34-41.

Введение

Проблема качественного изготовления деталей описывается многими авторами. Так, например, Р.А. Меллой описывает усадку и коробление деталей вследствие реологии течения расплава в формообразующей полости [1]. Дж. М. Фишер больше внимания уделяет перерабатываемым материалам и их свойствам [2]. В книге М. Бихлера дана общая классификация дефектов и методы их устранения [3]. Отечественные авторы больше уделяют внимание конструкции технологической оснастки [4 – 12]. Однако всеми авторами делается предположение, что формы и оборудование находятся в удовлетворительном состоянии. И обычно уст-

ранение дефектов сводится к выставлению параметров оборудования и оснастки к заданным технологическим режимам.

Реалии бытия выглядят совершенно по-другому. В погоне за прибылью руководители предприятий перестают уделять должное внимание к оборудованию и технологической оснастке, которое приносит прибыль. Оборудование не обновляется и регламентное обслуживание не проводится [4 – 12].

На рис. 1 изображены параметры влияющие на качество изделий [3]. Это основные четыре категории: параметры оборудования, состояние оснастки, технологические режимы и качество материала. Далее подробно рассмотрим каждую подгруппу.

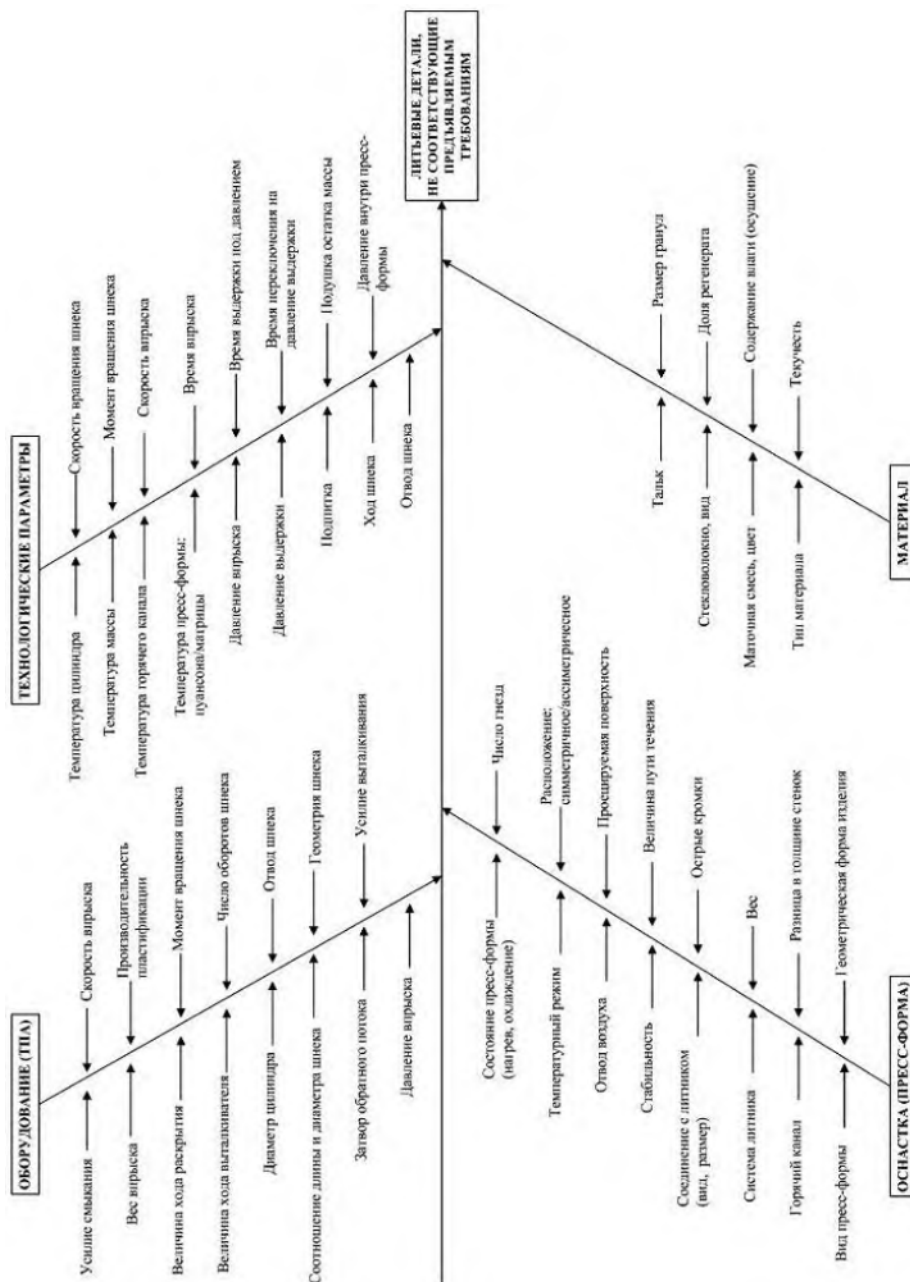


Рис. 1. Параметры влияющие на качество детали

Состояние оборудования

Нарушение геометрии оборудования.

Износ узлов и агрегатов может влиять не только на отдельные параметры оборудования, но и повлиять на работу технологической оснастки и привести ее к усиленному износу. Это в свою очередь приводит к увеличению зазоров в соединениях, смещения и появления угловых перекосов стола оборудования. На рис. 2 мы видим схему износа технологической оснастки.

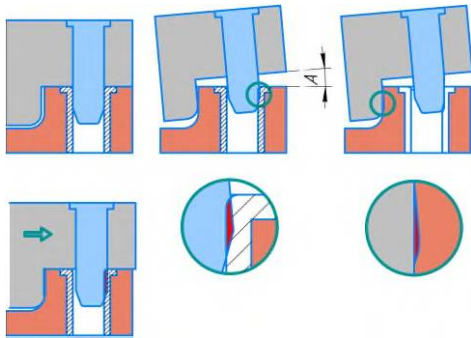


Рис. 2. Схема образования износа

Это приводит в последствии к задиру формообразующих поверхностей рис. 3.



Рис. 3. Задир формообразующих поверхностей

Причиной смещения формообразующих частей также является неверный подбор режимов прессования. Вследствие ограниченности скорости течения пресс-материала и неравномерности профиля матрицы и пуансона в разных частях формы создается неравномерное давление. В итоге суммирующая сила смещает формообразующие поверхности рис. 4. При этом деталь имеет значительную разностенность.

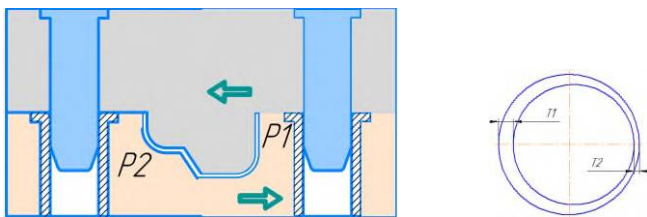


Рис. 4. Смещение формообразующих из-за неравномерности давления в разных точках формы P_1 и P_2 ($P_1 > P_2$)

Для устранения данного дефекта необходимо прессовать деталь в несколько этапов с выдержкой между этапами по времени. Выдержка необходима для того, чтобы материал успевал проливаться рис. 5.

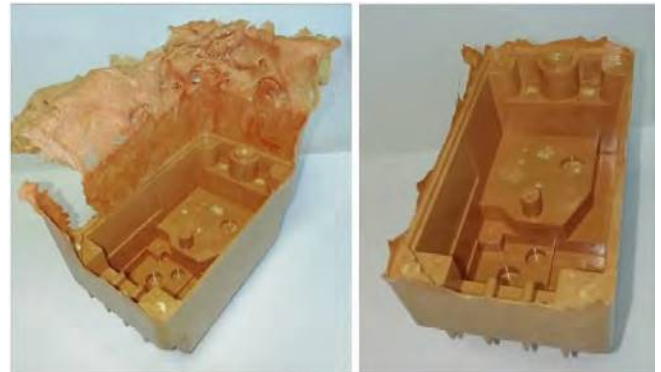


Рис. 5. Многоступенчатое прессование:
 а – в один этап; б – в три этапа

Износ гидравлических узлов. Износ гидравлики прежде всего приводит к потере давления от номинальных значений. Прежде всего это сказывается на узле впрыска и на узлах смыкания пресс-формы. В первом случае это чревато недоливками детали и рыхлой структурой получаемого изделия. Чаще всего это заметно на крупных изделиях. При износе цилиндра главного пресса на деталях возникает облой и изделие требует дополнительной ручной зачистки. Причина облоя лежит в неспособности обеспечить усилие смыкания формы рис. 6.

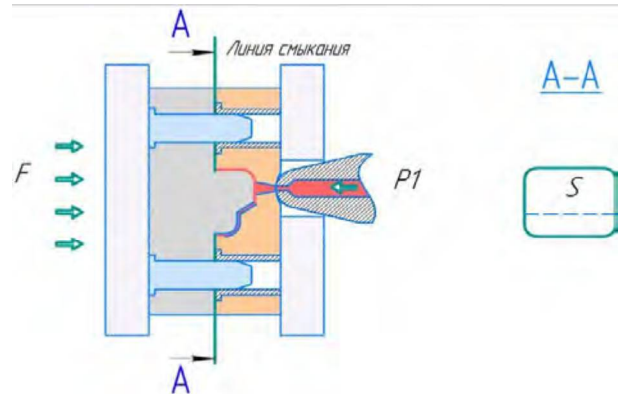


Рис. 6. Механизм образования облоя

Усилие смыкания формы F' рассчитывается по следующей формуле:

$$F' = 1,3 \dots 1,5 P_1 S \quad (1)$$

где P_1 – давление впрыска; S – площадь проекции детали. Коэффициент $1,3 \dots 1,5$ подбирается из условия изношенности главного цилиндра пресса.

В случае меньшего давления смыкания форма раскрывается и пластмасса вытекает за

границы литейной полости образуя облой. При этом может увеличиться толщина детали до 0,3...0,5 мм и отверстия изделия закрываются пленкой.



Рис. 7. Облой и «апельсиновая корка» на поверхности формы

Износ шнека. Увеличение зазора в паре шнек и цилиндр влияет на распределение давления в шнеке и на давление впрыска рис. 8.

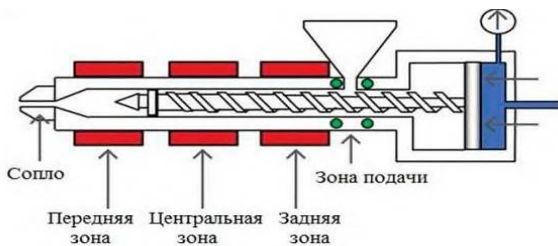


Рис. 8. Гидравлическая схема и зоны нагрева шнека

Большой зазор в первых зонах ухудшает пластикацию и не дает возможность изготовить изделия с толстыми стенками. Большой зазор в последней зоне значительно перегревает материал и вследствие деструкции наблюдается пожелтение материала рис. 9.

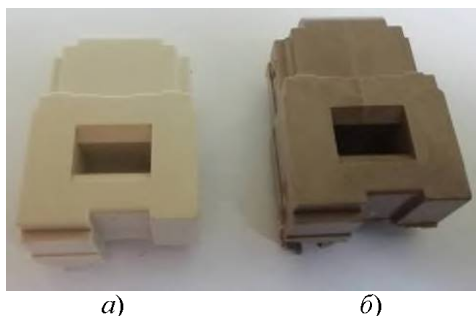


Рис. 9. Деструкция материала:
 а – контрольный образец;
 б – деталь подверженная деструкции

Износ (поломка) термонар и нагревательных элементов. Температурные режимы являются самыми важными технологическими параметрами. Изменение температуры может повлиять на прочностные характеристики изделия и его внешний вид. Рассмотрим только неправильно выставленный температурный

Облой также наклепывает поверхность пресс-формы, доводя его до состояния «апельсиновой корки» рис. 7.



режим во второй зоне вследствие поломки термонары может вызвать перегрев материала рис. 10.

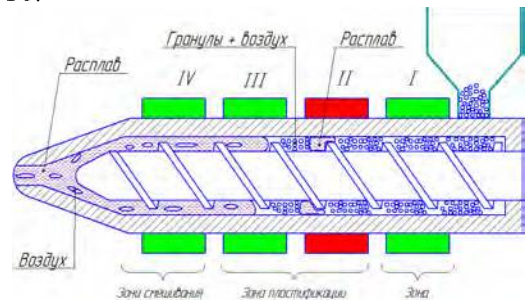


Рис. 10. Схема образования эффекта вуали

Образующийся расплав закупоривает воздух в полости шнека, который путем перемешивания с полимером образует «горючую смесь». Во время впрыска в полость литейной формы, данная смесь воспламеняется под высоким давлением. Материал становится хрупким и теряет свои механические свойства. На прозрачных пластике наблюдается непрозрачная вуаль рис. 11. Лишь только опытный наладчик может определить данный дефект [13], отличив его от распространенного «Дизельного» эффекта рис. 12.

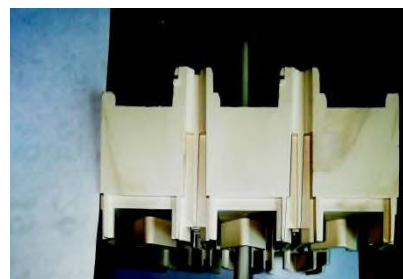


Рис. 11. Эффект вуали





Рис. 12. Дизельный эффект

Помимо механических свойств и внешнего вида запираемый в шнеке воздух влияет на его показатель текучести. Сгораемый материал становится более вязким. И деталь впоследствии плохо проливается.

Также наблюдается неправильная установка наладчиками термомпар на пресс-формы. Так, например, по аналогии параллельного подсоединения нагревателей они на автомате запараллеливают термомпары. По закону Ома такое соединение будет иметь сопротивление в 2 раза меньше и нагреватель будет греться на большую температуру.

$$R_{\text{парал}} = R_{\text{датч}} / 2, \quad (2)$$

где $R_{\text{датч}}$ – внутреннее сопротивление датчика; $R_{\text{парал}}$ – сопротивление датчиков, соединенных параллельно.

Из-за отсутствия термомпар нужного размера, ставятся термомпары по принципу «какая под руку попадет». Чаще всего они меньше по диаметру. Так, вместо диаметра Ø10 ставят датчик Ø6 и термомпара снимает показания «по воздуху». Датчики гнут, пытаясь его прислонить к стенке. Однако это не имеет никакого смысла, после этого форма так же перегревается рис. 13.



Рис. 13. Изогнутый датчик и перегретая форма

Из рис. 13 по цветам побежалости можно определить степень перегрева. Наблюдаются цвета от темно синего до серого. Это соответствует температуре от 360 до 380 °С рис. 14.

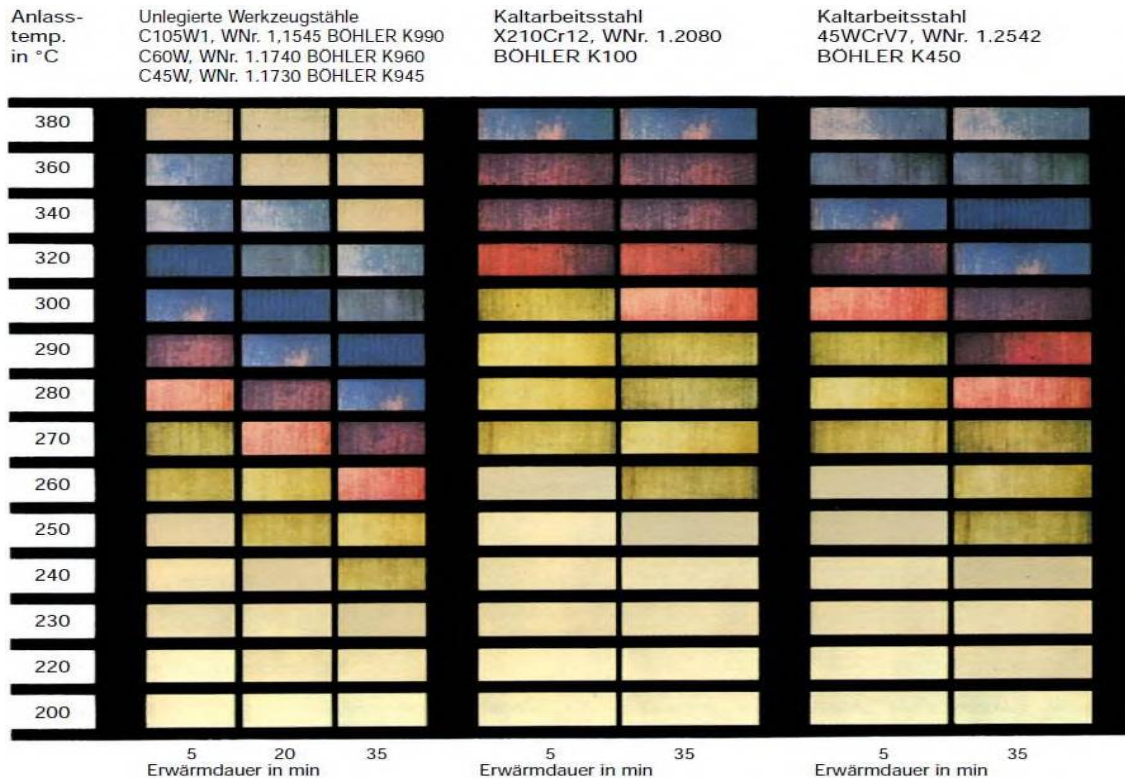


Рис. 14. Цвета побежалости

Сам факт перегрева формы не влияет на твердость формообразующих деталей. Однако оно значительно снижает микротвердость нанесенного хрома. При температуре 400 °С оно резко падает рис. 15.

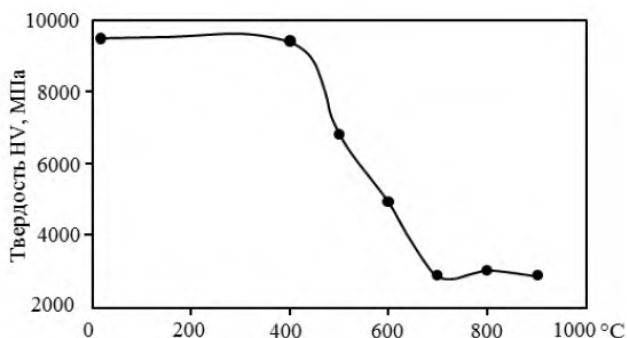


Рис. 15. Зависимость твердости хромого покрытия от температуры эксплуатации

Также на поверхности появляются микротрещины. В результате антиадгезионные свойства покрытия пропадают.

Квалификация персонала

Отсутствие подготовленного персонала приводит к максимальным потерям: ломается оборудование и технологическая оснастка. В результате ритмичность выпуска продукции падает, возрастают затраты на ремонт и изготовление дублеров [19, 20]. Наиболее яркий пример: в результате передозировки материала на 1,7 г, пуансон был вырван матрицей и обжатой деталью вокруг пуансона из формы и разрушен рис.16, 17. В лучшем случае пуансон в аварийном режиме пройдет всю технологическую цепочку за неделю.



Рис. 16. Передозировка материала



Рис. 17. Разрушение пуансона

Погодные условия и хранение материала

Во время переработки реактопластов возможны повреждения формообразующих литевых форм некачественным материалом. Данные повреждения представляют собой следы задиры и царапины. Происходит это по причине самосшивки материала во время хранения. Обычно реактопласты представляют собой двухкомпонентные системы (смола и отверди-

тель). В результате броуновского движения эти два компонента вступают в реакцию.

Согласно ГОСТ-28804 «Материалы фенольные формовочные» п. 7 «Гарантии производителя», гарантийный срок хранения фенопластов устанавливается с момента их изготовления и должен составлять не менее 8 месяцев, которые вытекают из п. 6.2. «Хранение»:

– Фенопласты хранят в сухом закрытом помещении изготовителя (потребителя) при

температуре не выше 25 °С на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов.

– Фенопласты, упакованные в мягкие специализированные контейнеры, допускается хранить на открытой площадке не более одного месяца.

– Допускается у изготовителя хранить фенопласты в складских неотапливаемых помещениях не более одного месяца.

А это означает, что при неправильном хранении срок хранения резко снижается. Также на упаковке материала есть знак «Боится влаги». Обычно материал разгружают рядом с воротами цеха, там же его и хранят. Материал в данном случае подвержен атмосферной влажности, колебания которой находится в пределах от 20 до 100 %.

При увлажнении материала происходит комкование сырья и увеличивается самосшивка. Усугубляют ситуацию таблетированные заготовки. Нельзя в данном случае заготавливать таблетки впрок, т.к. под давлением химические реакции ускоряются. Таблетки должны быть употреблены производством в кратчайшие сроки. Во время самосшивки образуются твердые абразивные частички, которые царапают формы. А потеря пластичности материала увеличивает возможность образования задиров на форме вследствие отгибания пуансона в сторону матрицы, вплоть до его поломки. Влажность так же снижает качество детали, на поверхности которой образуется матовость, микропористость, свиля и волнистость. О глянце даже не стоит говорить.

Заключение

Приведенные в данной статье примеры описывают только маленькую часть всех производственных проблем. Практически любой фактор может привести к браку. Поэтому для снижения брака, увеличения производительности и снижения затрат на производство необходимо следующее:

1) оснастка должна производиться без отклонения от конструкторской и технологической документации;

2) оборудование должно проходить плановые ремонты;

3) технологическая оснастка должна проходить плановые ремонты по истечению сроков гарантий;

4) не соблюдение пунктов 2 и 3 влечет за собой катастрофические износы, что в дальнейшем на порядок удорожает ремонт;

5) сырье должно храниться согласно требованиям ТУ;

6) необходимо периодически проводить обучение персонала;

7) проводить внеплановые инструктажи по внештатным ситуациям;

8) планомерно проводить поверку измерительной аппаратуры;

9) строго соблюдать технологические режимы на каждое изделие.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мэллой, Р.А. Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением / пер. с англ. яз. / под ред. В.А. Брагинского, Е.С. Цобкалло, Г.В. Комарова. – СПб.: Профессия, 2006. – 512 с.

Фишер, Д.М. Усадка и коробление отливок из термопластов: Справочник. – СПб.: Профессия, 2009. – 424 с.

3. Бихлер, М. Детали из пластмасс отливать без дефектов. – Гейдельберг: Хюттиг ГмбХ, 1999. – 110 с.

4. Барвинский, И.А., Барвинская, И.Е. Литье пластмасс. Справочная информация для конструкторов и технологов. Версия 1.2.4. – М.: ООО «Инженерная фирма АБ Универсал», 2004.

5. Альшиц, И.Я., Благоев, Б.Н. Проектирование деталей из пластмасс. Справочник. изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977.

6. Пантелеев, А.П., Шевцов, Ю.М., Горячев, И.А. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс. – М.: Машиностроение, 1986.

7. Филатов, В.И., Корсаков, В.Д. Технологическая подготовка процессов формования изделий из пластмасс. – Л.: Политехника, 1991.

8. ОБК 587.002 ТИ. Детали из пластмасс. Технические требования.

9. БКЖИ.640101.001 ТИ. Технические требования изготовления пластмассовых деталей.

10. ГОСТ 24105-80 Изделия из пластмасс. Термины и определения дефектов.

11. ГОСТ 27358-87 Пресс-формы для изготовления изделий из пластмасс. Общие технические условия.

12. ГОСТ 14901-93 Пресс-формы для изготовления резинотехнических изделий. Общие технические условия.

13. Панов, А.Ю., Сатаева, Д.М., Брехова, А.А. Влияние работы оборудования на качество и эффективность производства изделий из пластмасс // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2018. – №1 (120). – С. 212-222.

14. Салахова, Р.К., Тихообразов, А.Б. Термостойкость электролитических хромовых покрытий // Авиационные материалы и технологии. – 2019. – №2 (55). – С. 60-67.

15. Татанов, П.В., Янюшкин, А.Р., Шнайдер, Д. А., Янюшкин, А.С. Опыт электроэрозийного фрезерования на АО «Чебоксарский электроаппаратный завод» // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2021. – Т. 8. – № 3-4. – С. 57-62.

16. Янюшкин, А.Р., Лобанов, Д.В., Татанов, П.В. Совершенствование процесса электроалмазного шлифования // Электрофизические методы обработки в современной промышленности: Матер. IV МНТК молодых

ученых, аспирантов и студентов. – Пермь: ПНИПУ, 2021. – С. 144-148.

17. Татанов, П.В., Янюшкин, А.Р., Шеров, К.Т., Янюшкин, А.С. Использование вторичного ресурса твердосплавных сменных многогранных пластин в металлообработке // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 1. – С. 85-96.

18. Татанов, П.В., Янюшкин, А.Р., Шнайдер, Д.А., Янюшкин, А.С. Влияние орбитального движения электрода на точность электроэрозионной обработки // iPolytech Journal. – 2021. – №25 (5). – С. 559-567.

19. Татанов, П.В. Подготовка кадров на современном предприятии // Сб.: Профессионально-ориентированные технологии в современном образовании: проблемы и поиски. – Ульяновск, 2021. – С. 83-87.

20. Татанов, П.В., Чемерилова, И.А. Кадровые проблемы на заводах и фабриках // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – №81-4. – С. 120-123.

REFERENCES

1. Malloy R.A. Plastic part design for injection molding / translated from English / edited by V.A. Braginsky, E.S. Tsobkhallo, G.V. Komarova. St. Petersburg: Profession, 2006, 512 p

2. Fisher, D.M. Shrinkage and warping of thermoplastic castings: a Handbook / Fisher D.M. - St. Petersburg: Profession, 2009. - 424 p.

3. Bichler, M. Cast plastic parts without defects. Heidelberg: Hüting GmbH, 1999, 110 p.

4. Barvinsky, I.A., Barvinskaya, I.E. Plastic casting. Reference information for designers and technologists. Version 1.2.4. Moscow: LLC «Engineering firm AB Universal», 2004.

5. Alshits, I.Ya., Blagov, B.N. Design of plastic parts. Handbook. 2nd edition, updated and revised. Moscow: Mashinostroenie, 1977.

6. Panteleev, A.P., Shevtsov, Yu.M., Goryachev, I.A. Handbook on the design of tooling for plastics processing. Moscow: Mashinostroenie, 1986.

7. Filatov, V.I., Korsakov, V.D. Technological preparation of molding processes of plastic products. Leningrad: Politechnika, 1991.

8. OBK 587.002 TI. Plastic parts. Technical requirements.

9. BKZHI.640101.001 TI. Technical requirements for the manufacture of plastic parts.

10. State Standard 24105-80 Plastic products. Terms and definitions of defects.

11. State Standard 27358-87 Molds for the manufacture of plastic products. General specification.

12. State Standard 14901-93 Molds for the manufacture of rubber products. General specification.

13. Panov A. Yu., Sataeva D. M., Brekhova A. A. Influence of equipment operation on the quality and efficiency of production of plastic products // Proceedings of NGTU im. R. E. Alekseeva. 2018. No. 1 (120), pp 212-222.

14. Salakhova R.K., Tikhobrazov A.B. Heat resistance of electrolytic chromium coatings // Aviation materials and technologies. 2019. No. 2 (55), pp. 60-67.

15. Tatanov P.V., Yanyushkin A.R., Schneider D.A., Yanyushkin A.S. «Experience of EDM milling at JSC «Cheboksary Electrical Appliance Plant»» // Actual problems in mechanical engineering. - 2021. - Т. 8. - No. 3-4, pp. 57-62.

16. Yanyushkin A. R., Lobanov D. V., Tatanov P. V., «Improvement of the electro-diamond grinding process» // Electrophysical methods of processing in modern industry: Proceedings of the IV International scientific and practical conference of young scientists, graduate students and students, Perm, December 14–15, 2020. - Perm: Perm National Research Polytechnic University, 2021. - P. 144-148.

17. Tatanov P.V., Yanyushkin A.R., Sherov K.T., Yanyushkin A.S., «Use of the secondary resource of hard-alloy replaceable multifaceted plates in metalworking» // Science and technology of Kazakhstan. - 2021. - No. 1. - P. 85-91.

18. Tatanov P.V., Yanyushkin A.R., Shnaider D.A., Yanyushkin A.S. Influence of the orbital movement of electrode on the accuracy of electroerosive machining. iPolytech Journal. 2021;25(5), pp. 559-567.

19. Tatanov P.V. «Training of personnel at a modern enterprise. » In the collection: Professionally oriented technologies in modern education: problems and searches. collection of scientific articles of graduate students, adjuncts and teachers. FSBEI HE Chuvash State University named after I.N. Ulyanov. Ulyanovsk, 2021. pp. 83-87.

20. Tatanov P.V., Chemerilova I.A. «Personnel problems at plants and factories» Trends in the development of science and education. 2022. No. 81-4. pp. 120-123.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.04.2022; одобрена после рецензирования 21.05.2022; принята к публикации 05.08.2022.

The article was submitted 24.04.2022; approved after reviewing 21.05.2022; assepted for publication 05.08.2022.