

УДК 629.3.083

EDN [IUQISH](#)



Повышения срока службы восстановленных под манжету валов методом поверхностного пластического деформирования

Г.А. Нестеркин, П.В. Голинницкий, Э.И. Черкасова, У.Ю. Антонова*, Д.А. Пупкова

Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, д. 49, Москва, 127434, Россия

*E-mail: uantonova@rgau-msha.ru

Аннотация. Ресурсы сбережения являются одним из аспектов повышения экологичности машин и оборудования. В настоящее время надежность уплотнительных узлов сельскохозяйственной техники является не всегда достаточной. Из-за износа поверхности вала и манжеты при эксплуатации уменьшаются натяги в подвижном соединении, что приводит к утечке технических жидкостей и отказу узла. Соединение «вал-уплотнение» одним из важнейших элементов любого узла, от его надежности зависит срок службы всей сборочной единицы. В статье рассмотрено применения способа обработки поверхностно-пластической деформацией, который позволяет обеспечить упрочнение на глубину до 2 мм, микротвердость увеличивается в среднем на 150 % относительно исходного значения и достигает значения 6500 МПа. Остаточные напряжения после поверхностно-пластической деформации всегда имеют отрицательное значение, глубина их распространения превышает глубину распространения повышенной микротвердости в 1,5 раза, что позволяет увеличить срок службы.

Ключевые слова: ремонт, поверхностно пластическое деформирование, манжета, вал.

Increasing the service life of shafts restored under the cuff using the method of surface plastic deformation

Gennady Nesterkin, Pavel Golinitzky, Elmira Cherkasova, Uliana Antonova, Darya Pupkova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya St, Moscow, 127434, Russia

*E-mail: uantonova@rgau-msha.ru

Abstract. Saving resources is one of the aspects of increasing the environmental friendliness of machinery and equipment. Currently, the reliability of sealing units of agricultural machinery is not always sufficient. Due to wear on the surface of the shaft and cuff during operation, the tension in the moving joint decreases, which leads to leakage of technical fluids and failure of the unit. The shaft-seal connection is one of the most important elements of any assembly; the service life of the entire assembly unit depends on its reliability. The article discusses the use of a method of processing by surface-plastic deformation, which allows for strengthening to a depth of up to 2 mm, microhardness increases by an average of 150% relative to the initial value and reaches a value of 6500 MPa. Residual stresses after surface-plastic deformation always have a negative value, the depth of their distribution exceeds the depth of distribution of increased microhardness by 1.5 times, which makes it possible to increase the service life.

Keywords: repair, surface plastic deformation, cuff, shaft

1. Введение

Одной из экологических проблем является загрязнение нефтепродуктами. Так, зачастую машинное масло и другие технические жидкости попадают в окружающую среду из-за утечек в местах сопряжения узлов и агрегатов техники.

Для предотвращения загрязнения необходимо повышать долговечность работы соединений, которую можно повысить двумя путями – повышением износостойкости пар трения и рациональным выбором точности деталей [1, 2]. Особенно это касается ответственных соединений агрегатов машин, которые являются нагруженными и имеют тенденцию к быстрому износу [3-5]. В противном случае идет рост экономических потерь из-за поломок и простоев техники [6], что не выгодно предприятию, эксплуатирующему эту технику, и он в будущем будет выбирать другие марки.

Соединение «вал-уплотнение» является ответственным элементом любого агрегата, и его надежность имеет важное значение для обеспечения срока эксплуатации всей сборочной единицы. Необходимо уделить особое внимание выбору материалов, обработке поверхностей и типу уплотнения для обеспечения эффективного, герметичного и износостойкого соединения [7, 8].

При выборе материалов важно учитывать условия эксплуатации, такие как температура, давление, химическая агрессивность среды и скорость вращения вала. Материалы должны быть совместимы друг с другом и обеспечивать необходимую длительную прочность, повышенную износо- и коррозионную стойкость соединения.

Резиновые уплотнения могут быть изготовлены из различных материалов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки с точки зрения износостойкости. Например, нитриловые резины имеют более высокую износостойкость, чем натуральные резины, но они также могут быть более дорогими.

На поверхности вала под манжету не должно быть острых кромок, заусенцев, раковин и других дефектов, которые могут повредить манжету или привести к утечкам. Поверхность вала должна быть без следов коррозии или окисления. Допускается шероховатость поверхности в пределах $Ra = 0,16 \dots 0,32$ мкм для средних и высоких частот вращения вала. Допустимо $Ra = 0,64$ мкм для мало оборотистых валов. Обработка поверхностей вала должна быть выполнена с высокой точностью и регулярной чистотой,

чтобы обеспечить плотное прилегание и минимизацию перепада давления манжеты на вал, возникающую из-за радиального биения вала и несоосности сопрягаемых деталей.

Установка уплотнения должна проводиться с соблюдением всех необходимых требований и рекомендаций производителя. Важно обеспечить правильное позиционирование уплотнения, без перекосов, а также равномерное и стабильное сжатие резиновой кромкой по всей поверхности контакта с валом.

В процессе эксплуатации агрегата необходимо проводить регулярную проверку соединения вала с манжетой – осмотр на предмет износа, повреждений и утечек. Своевременное обнаружение и устранение проблем с уплотнением может предотвратить серьезные неисправности и продлить срок службы агрегата.

Следует помнить, что от надежности данного соединения зависит срок службы всего агрегата в целом – коробок передач, двигателей, редукторов, которые широко применяются в современной технике.

2. Результаты исследований и их анализ.

На поверхности вала под уплотнение необходимо обеспечить небольшую глубину твердого материала поверхности вала – от 0,5 до 2 мм, в пределах изнашиваемого слоя. Для обоснованного выбора способа поверхностного упрочнения необходимо сравнить данные технологических возможностей известных способов упрочнения, в частности по микротвердости и напряженному состоянию упрочненного слоя. Известны следующие основные виды упрочняющей обработки [9]:

- термоупрочняющая обработка (ТО);
- химико-термическая обработка (ХТО);
- нанесение упрочняющих покрытий;
- поверхностное пластическое деформирование (ППД).

Графическое сравнение базовых характеристик вышеперечисленных видов упрочняющей обработки приведено на рисунке 1.

После термоупрочняющей обработки величина микротвердости у марок сталей, которые хорошо подвергаются закалке, может достигать 7500 МПа, а глубина такой обработки доходит до 5 мм. Напряжения в упрочненном поверхностном слое в

зависимости от выбираемых режимов закалки могут быть как растягивающими, так и сжимающими.

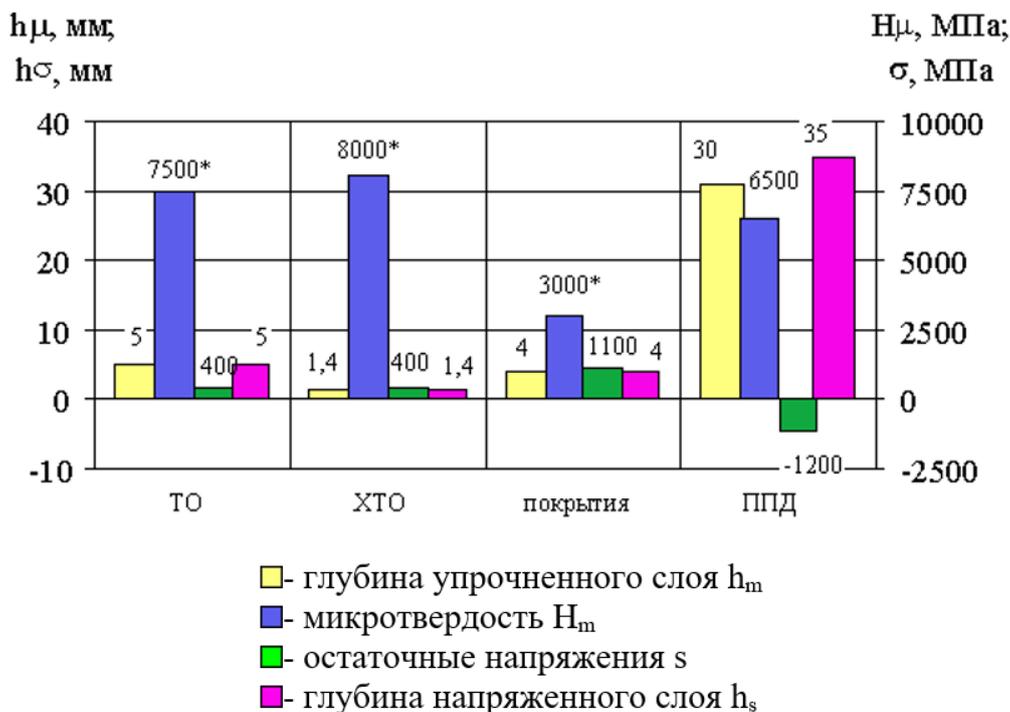


Рисунок 1. Сравнение способов упрочнения поверхностей деталей.

В результате химико-термической обработки (ХТО) микротвердость увеличивается до 8000 МПа, а глубина упрочнённого слоя поверхности составит от 0,01 мм до 1,4 мм. Распределение остаточных напряжений после ХТО зависит только от вида последующей термообработки [9].

Нанесение покрытий в основном используют для повышения коррозионной стойкости и износостойкости при трении поверхностей деталей. Обычно микротвердость поверхности доходит до 3000 МПа. Толщина будет может варьироваться в диапазоне 0,003...2 мм. При данном способе упрочнения формируются растягивающие остаточные напряжения.

В условиях мелкосерийного и единичного ремонтного производства вышеназванные виды упрочняющей обработки реализовать очень сложно из-за больших затрат, связанных либо с покупкой оборудования, либо с текущими затратами, связанными с большим расходом электроэнергии [10].

Обработка ППД позволяет обеспечить глубину упрочненного слоя поверхности до 30 мм, микротвердость в среднем увеличивается на 150 % относительно исходного значения, и доходит до величины в 6500 МПа. Остаточные напряжения после ППД всегда имеют отрицательное значение, глубина их распространения превышает глубину распространения повышенной микротвердости в 1,5 раза (рис. 1). Большинство методов ППД позволяет упрочнять локальные области поверхностей деталей с реализацией равномерного перехода от упрочненного к неупрочненному слою. Эти факты дают возможность рассматривать ППД, как наиболее рациональный эффективный способ повышения эксплуатационных характеристик тяжело нагруженных деталей машин в условиях ремонтного производства [11].

ППД может быть обеспечено статическими и динамическими методами. Статические методы, такие как обкатывание, раскатывание, выглаживание и т.д., обеспечивают большую величину упрочнения – микротвердость может достигать 6500 МПа, а остаточные напряжения составят около 1200 МПа при небольшой глубине упрочненного слоя соответственно 2 и 3 мм (рисунке 2).

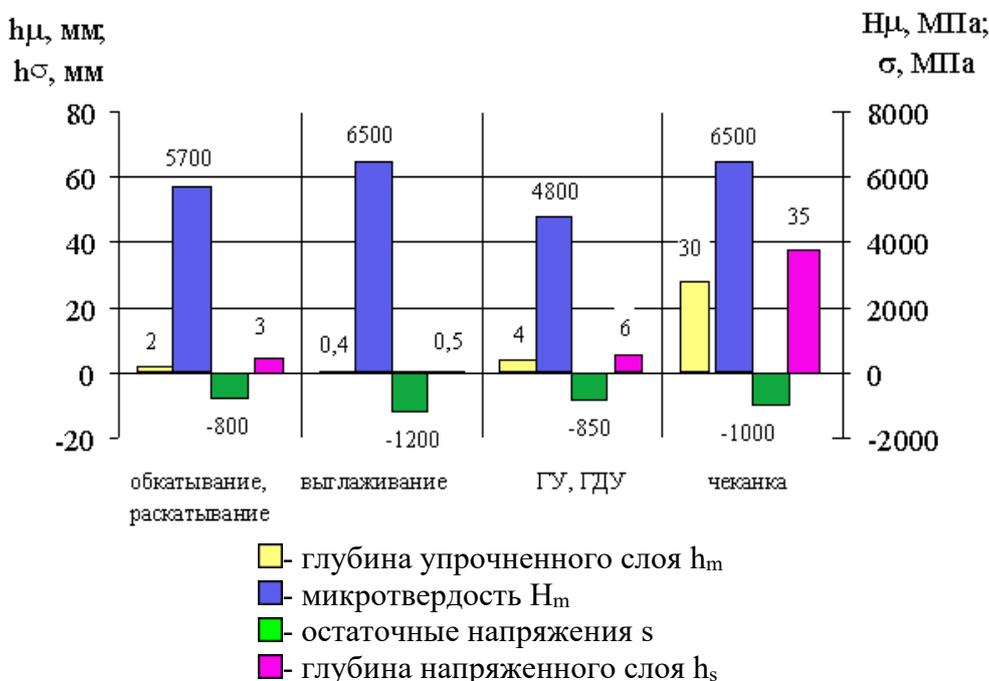


Рисунок 2. Обоснование способа ППД для поверхности вала соединения «вал-уплотнение».

Динамические методы, такие как центробежная, дробеструйная, гидродробеструйная обработка, чеканка и т.д., позволяют увеличивать микротвердость до 6500 МПа, а остаточные напряжения сжатия соответственно до 1000 МПа, при глубине упрочненного слоя до 35 мм и 45 мм. Для исследуемого соединения вала с манжетой динамические методы использовать не рационально, так как такая глубина здесь не требуется.

3. Выводы

Таким образом, для формирования более продолжительного срока службы соединения резиновой армированной манжеты с валом при ремонте сборочной единицы, в случае когда вал не заменяется на новый, а существует технологическая возможность обработать поверхность вала под ремонтный размер или для случая восстановления вала до номинального размера путем наплавки, напыления, железнения, гальванопокрытия и пр. способами, целесообразнее всего после шлифования использовать обкатывание роликами – применять ПДД, которое позволяет обеспечить глубину уплотненного слоя до 2 мм, что значительно превышает величину радиального износа вала при работе соединения.

Список литературы

1. Calculation of Fit Tolerance with Clearance to Increase Relative Wear Resistance of Joints / O.A. Leonov, N.Z. Shkaruba, G.N. Temasova, Y.G. Vergazova, P.V. Golinitiskii // Journal of Friction and Wear. – 2023. – Vol. 44. – No. 3. – P. 171–177.
2. Influence of Volumetric Modification on the Physical and Mechanical Properties of Rubber Reinforced Cuffs / M.N. Erokhin, O.M. Melnikov, O.A. Leonov, N.Zh. Shkaruba // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2023. – Vol. 52. – No. 7. – P. 43-48.
3. Project Assessment of the Reliability of the Joint of a Circulation-Loaded Ring of a Rolling Bearing with a Shaft of Tolerance Class js6 / O.A. Leonov, N.Z. Shkaruba, Y.G. Vergazova, P.V. Golinitiskii, D.U. Khasyanova // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2023. – 52(4).
4. Fit of Elastic Sleeve–Pin Couplings with Shafts / O.A. Leonov, N.Z. Shkaruba, Y.G. Vergazova, P.V. Golinitiskiy, D.A. Pupkova // Russian Engineering Research. – 2023. – 43(4).

5. Justification of Keyed Joint Fits / O.A. Leonov, N.Z. Shkaruba, Y.G. Vergazova, D.U. Khasyanova // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2022. – 51(6).
6. Internal Losses in Machine Tool Production / O.A. Leonov, N.Z. Shkaruba, Y.G. Vergazova, G.N. Temasova, D.A. Pupkova // Russian Engineering Research. – 2023. – 43(7). – P. 802–807.
7. Мельников О.М. Работоспособность соединений "вал-манжета" и повышение их надежности / О.М. Мельников // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 2(84). – С. 50-54. – DOI 10.26897/1728-7936-2018-2-50-54.
8. Erokhin M.N. Contact Pressure of a Rubber Cuff on a Shaft / M.N. Erokhin, M.I. Belov, O.M. Mel'nikov // Russian Engineering Research. – 2021. – Vol. 41, No. 2. – P. 115-122. – DOI 10.3103/S1068798X21020052.
9. Лихобабина Н.В. Повышение эффективности и качества изготовления роликов буксовых подшипников путем введения в технологический процесс операции ультразвукового алмазного выглаживания : специальность 05.02.08 «Технология машиностроения» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лихобабина Наталия Викторовна. – Саратов, 2009. – 123 с.
10. Голиницкий П.В. Влияние цифровизации на эффективность технологических процессов современного производства / П.В. Голиницкий, Э.И. Черкасова, Ю.Г. Вергазова, У.Ю. Антонова // Компетентность. – 2021. – № 8. – С. 48-54. – DOI 10.24412/1993-8780-2021-8-48-54. – EDN LRHOEP.
11. Ерохин М.Н. Термодинамический критерий упрочнения деталей динамическими методами поверхностной пластической деформации / М.Н. Ерохин, О. Г. Кокорева // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2014. – № 2(62). – С. 7-13.