

УДК 621.753: 62 – 752.2

Мендебаев Токтасын Мендебаевич, Бимен Дүйсен Мыныханұлы

**ТЕРБЕЛІСТЕРДІ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ СӨНДІРУШІ ТЕТІКТЕРІНІҢ
КЕРІЛІСТІ ҚОНДЫРУЫН ІЛНІСУ БЕРІКТІГІНЕ ЕСЕПТЕУ**

**CALCULATION ON DURABILITY OF COUPLING OF PLANTING WITH A
TIGHTNESS OF DETAILS HYDRAULIC ANNETOS FLUCTUATIONS**

**РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ ПОСАДКИ С НАТЯГОМ
ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ГАСИТЕЛЯ КОЛЕБАНИЙ**

Точность – одна из важных характеристик качества машин. Точность – понятие комплексное, оно характеризует как геометрические параметры машин и их элементов, так и единообразие различных свойств изготавливаемых изделий (динамических, упругих, электрических и др.). Достичь абсолютной точности невозможно в силу того, что на всех этапах производственного процесса неизбежны те или иные погрешности. Эти погрешности взаимосвязаны. Так, точность сборки машины зависит от точности изготовления ее деталей, а точность деталей зависит от точности изготовления заготовок. Поэтому в машиностроении существует понятие наследственности.

Значительное влияние состояния поверхностного слоя деталей машин на их основные эксплуатационные свойства, а также вида и режимов механической обработки на отдельные характеристики состояния поверхностного слоя (высоту шероховатости, форму и направление неровностей, микротвердость поверхностного слоя, глубину распространения наклепа, величину, знак и глубину распространения остаточных напряжений) предопределяет зависимость эксплуатационных качеств деталей от технологии их механической обработки.

Важные эксплуатационные качества деталей (долговечность, плавность перемещений, длительность сохранения заданных конструктором точности и посадки, прочность, коррозионная стойкость, магнитные свойства, способность к теплопередаче и теплоизлучению и др.) зависят не только от конструктивных форм и точности изготовления деталей, состава и структуры их материала и его механических качеств, но и от отдельных характеристик состояния поверхностного слоя, сформировавшихся в металле в процессе механической обработки.

Изменение видов и режимов механической обработки оказывает воздействие на отдельные характеристики состояния поверхностного слоя, а соответственно и на эксплуатационные свойства деталей. В этом смысле уместно говорить о существовании технологического наследственности состояния поверхностного слоя и определяемых им эксплуатационных свойства

деталей от отдельных технологических операций и всего технологического процесса их изготовления.

Технологической наследственностью называется перенесение на готовое изделие в процессе его обработки погрешностей, механических и физико-химических свойств исходной заготовки или свойств и погрешностей, сформировавшихся у заготовки на отдельных операциях изготовления изделия. Проявление технологической наследственности может привести как к улучшению, так и к ухудшению эксплуатационных свойств деталей машин. Для целесообразного использования явления технологической наследственности необходимо установить непосредственные связи между эксплуатационными характеристиками деталей (усталостной прочностью, износостойкостью и др.) и режимами обработки заготовок при основных методах их изготовления.

При обработке заготовок резанием под действием прилагаемых сил в металле поверхностного слоя происходит пластическая деформация, сопровождающаяся его деформационным упрочнением (наклепом). Интенсивность и глубина распространения наклепа возрастают с увеличением сил и продолжительности их воздействия, с повышением степени пластической деформации металла поверхностного слоя. Степень и глубина распространения наклепа изменяются в зависимости от вида и режима механической обработки и геометрии режущего инструмента. Всякое изменение режима резания, вызывающее увеличение сил резания и степени пластической деформации, ведет к повышению степени наклепа. Рост продолжительности воздействия сил резания на металл поверхностного слоя приводит к увеличению глубины распространения наклепа. Изменение режимов обработки, приводящее к возрастанию количества теплоты в зоне резания и продолжительности теплового воздействия инструмента на металл зоны резания, усиливает интенсивность отрыва, снимающего наклеп поверхностного слоя.

Возникновение остаточных напряжений в поверхностном слое при механической обработке заготовок объясняется следующими основными причинами.

1) При воздействии режущего инструмента на поверхность обрабатываемого металла в его поверхностном слое протекает пластическая деформация, сопровождающаяся упрочнением и изменением некоторых физических свойств металла. Пластическая деформация металла вызывает уменьшение его плотности, а следовательно, обуславливает рост удельного объема, достигающий 0,3 – 0,8 % удельного объема до пластической деформации. Увеличение объема металла распространяется только на глубину проникновения пластической деформации и не затрагивает слоев металла, лежащих ниже. В результате этого в наружном слое возникают сжимающие, а в нижележащих слоях – растягивающие остаточные напряжения.

2) Режущий инструмент, снимающий с обрабатываемой поверхности элементную стружку, вытягивает кристаллические зерна металла подрезцового слоя, которые при этом претерпевают упругую и пластическую деформации растяжения в направлении резания.

3) При отделении от обрабатываемой поверхности сливной стружки после пластического вытягивания кристаллических зерен металла поверхностного слоя в направлении резания происходит их дополнительное вытягивание под влиянием связанной с обрабатываемой поверхностью стружки по направлению схода сливной стружки, т. е. вверх. В этом случае появляются в направлениях скорости резания и подачи остаточные напряжения растяжения.

4) Выделяющаяся в зоне резания теплота мгновенно нагревает тонкие поверхностные слои металла до высоких температур, что вызывает увеличение его удельного объема. Однако в разогретом слое не возникают внутренние напряжения в связи с тем, что модуль упругости металла снижается до минимума, а пластичность возрастает. После прекращения воздействия режущего инструмента происходит быстрое охлаждение металла поверхностного слоя, сопровождающееся сжатием; этому препятствуют нижележащие слои металла, оставшиеся холодными. В результате во внешних слоях металла развиваются остаточные напряжения растяжения, а в нижележащих слоях – уравновешивающие их напряжения сжатия.

5) При обработке металлов, склонных к фазовым превращениям, нагрев зоны резания вызывает структурные превращения, связанные с объемными изменениями металла. В этом случае в слоях металла со структурой, имеющей больший удельный объем, развиваются напряжения сжатия, а в слоях со структурой меньшего удельного объема – остаточные напряжения растяжения.

В процессе работы деталей в наиболее тяжелых условиях находится их поверхностный слой, который подвергается воздействию различных нагрузок. От качества поверхностного слоя рабочих поверхностей деталей зависят качественные показатели изделия в целом. К показателям качества поверхностного слоя изделий относятся геометрические характеристики рельефа поверхности, физико-механическое состояние поверхностного слоя. К геометрическим характеристикам относятся макрогеометрия (погрешность формы, волнистость) и микрогеометрия (шероховатость); к физико-механическому состоянию – микротвердость, микро- и макроструктура, остаточные напряжения. При механической обработке на поверхности изделия всегда образуется множество неровностей с различными высотами и шагами. Разделение отклонений на макро- и микрогеометрические основано на оценке отношения шага между неровностями l и высотой h . Если отношение $l/h > 1000$, то это отклонение относят к макрогеометрическому отклонению от правильной формы, при $1000 \leq l/h \leq 50$ – к волнистости, а при $l/h < 50$ – к микрогеометрическим отклонениям [1, 2, 5, 6].

Одной из важнейших задач машиностроения является постоянное совершенствование теории и практики проектирования технологических процессов. Научно-обоснованный технологический процесс должен быть оптимальным. Он должен обеспечить заданное качество машин, и оно должно длительно сохраниться во времени, что, в свою очередь, во многом зависит от

качества поверхностей их деталей. Прочность деталей зависит от шероховатости поверхности. Чем меньше шероховатость, тем меньше возможность возникновения поверхностных трещин от усталости металла. Шлифование как один из видов окончательной обработки обеспечивает значительное повышение предела усталостной прочности деталей. Авторами произведен расчет на прочность сцепления цилиндра с корпусом нижнего клапана с учетом шероховатости поверхностей полученной шлифованием.

Исходными данными для расчета являются:

Посадка $\varnothing 78 \text{ H7/r6}$.

Материал цилиндра – сталь 45 ГОСТ 1050–88; материал корпуса – сталь 40Х ГОСТ 4543–71.

$\sigma_T = 650 \text{ МПа}$ (65 кгс/мм^2) – предел текучести стали;

$d = 78 \text{ мм}$ – посадочный диаметр цилиндра и корпуса;

$d_1 = 67,5 \text{ мм}$ – диаметр осевого отверстия цилиндра;

$d_2 = 88 \text{ мм}$ – наружный диаметр корпуса;

$A = 500 \text{ кгс}$ – осевая сила;

$L = 10 \text{ мм}$ – посадочная длина.

Расчет произведен при максимальном натяге ($N_{\text{max}} = 62 \text{ мкм}$) цилиндра и корпуса нижнего клапана (рисунок 1).

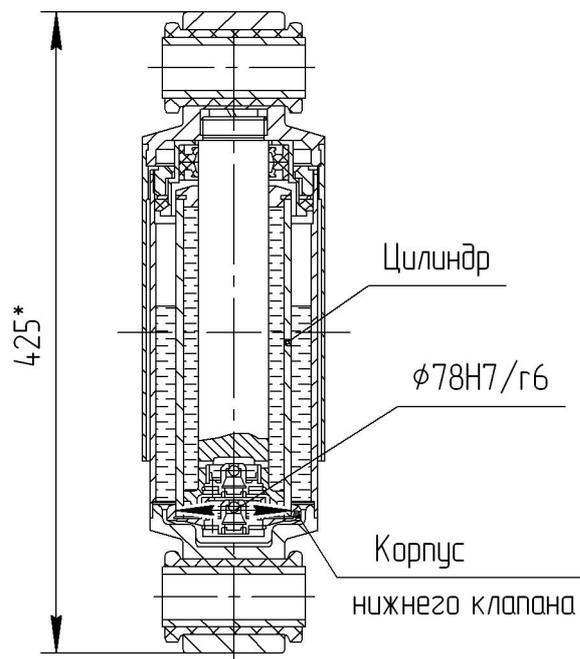


Рисунок 1 – Гидравлический гаситель колебаний

Так как в соединении цилиндр–корпус нижнего клапана в основном действует осевая сила, то определяем давление на сопряженных поверхностях по следующей формуле:

$$p = 2 \times K_{\text{сц}} \times A / (3,14 \times d \times L \times f) = 5,833 \text{ кгс/мм}^2 \quad (1)$$

где $K_{\text{сц}} = 2$ – коэффициент запаса сцепления; $f = 0,14$ – коэффициент трения сцепления при сборке с нагревом охватывающей детали.

С другой стороны удельное давление равно:

$$p = N_{\text{расч}} / [10^3 \times d \times (C_1/E_1 + C_2/E_2)] \quad (2)$$

где $C_1 = (d^2 + d_1^2) / (d^2 - d_1^2) - \mu_1 = (78^2 + 67,5^2) / (78^2 - 67,5^2) - 0,3 = 6,665$;

$C_2 = (d_2^2 + d^2) / (d_2^2 - d^2) + \mu_2 = (88^2 + 78^2) / (88^2 - 78^2) + 0,3 = 8,63$;

$E_1 = 20000$ кгс/мм² и $E_2 = 20000$ кгс/мм² – модули упругости для материала цилиндра и корпуса нижнего клапана; $\mu_1 = 0,3$ и $\mu_2 = 0,3$ – коэффициент Пуассона для материала цилиндра и корпуса.

Из формулы (2) с учетом (1) находим

$$N_{\text{расч}} = 5,833 \times 10^3 \times 78 \times (6,665/20000 + 8,63/20000) = 348 \text{ мкм} \quad (3)$$

Поправка, учитывающая шероховатость поверхностей

$$U = 1,2 \times (Rz_1 + Rz_2) = 1,2 \times (5 + 5) = 12 \text{ мкм}$$

где $Rz_1 = 5$ – шероховатость поверхности цилиндра; $Rz_2 = 5$ – шероховатость посадочного отверстия корпуса (таблица 24 [3]).

Измеренный натяг $N_{\text{изм}} = N_{\text{расч}} + U = 360$ мкм

Максимальное контактное давление, допускаемое охватывающей деталью:

$$[p]_{\text{max}} = 0,5 \times \sigma_r \times [1 - (d/d_2)^2] = 0,5 \times 65 \times [1 - (78/88)^2] = 6,966684 \text{ кгс/мм}^2 \quad (4)$$

Максимальная деформация, гарантирующая прочность охватывающей детали:

$$\Delta = [p]_{\text{max}} \times N_{\text{расч}} / p = 6,966684 \times 348 / 5,833 = 416 \text{ мкм} \quad (5)$$

Максимально допускаемый натяг, гарантирующий прочность охватывающей детали:

$$[N]_{\text{max}} = \Delta + U = 428 \text{ мкм} > N_{\text{max}} = 62 \text{ мкм} \quad (6)$$

Давление от максимального натяга N_{max} выбранной посадки:

$$p_{\text{max}} = (N_{\text{max}} - U) \times p / N_{\text{расч}} = (62 - 12) \times 5,833 / 348 = 0,8381 \text{ кгс/мм}^2 \quad (7)$$

Надежность прочности сцепления соединения цилиндр–корпус нижнего клапана подтвержден проверочным расчетом:

1) охватывающей детали: на растяжение $\sigma_p = p_{\text{max}} [1 + (d/d_2)^2] / [1 - (d/d_2)^2] = 7 \text{ кгс/мм}^2 < [\sigma]_p = 16 \text{ кгс/мм}^2$ – для стали 40Х [4]; на сдвиг $\tau_c = p_{\text{max}} / [1 - (d/d_2)^2] = 3,9 \text{ кгс/мм}^2 < [\tau]_{\text{ср}} = 9 \text{ кгс/мм}^2$ – для стали 40Х [4];

2) охватываемой детали на сжатие $\sigma_c = p_{\max} = 0,8381 < [\sigma]_c = 11 \text{ кгс/мм}^2$ – для стали 45.

Выводы: Таким образом, технология изготовления, особенно операции окончательной обработки, определяют эксплуатационные свойства деталей машин, то есть их поведение, и долговечность в значительной мере определяются «технологической наследственностью». Под технологической наследственностью подразумевается явление переноса свойств обрабатываемой заготовки от предшествующих операций к последующим, которое в дальнейшем сказывается на эксплуатационных свойствах деталей машин. При этом изменение эксплуатационных свойств определяется методами и режимами, применяемыми на отдельных операциях термической и механической обработки, видом и состоянием режущего инструмента, условиями охлаждения, размерами операционных припусков, последовательностью и содержанием операций технологического процесса и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маталин А.А. Технология машиностроения, Л., Машиностроение, 1985, 496 с.
2. Клепиков В.В., Бодров А.Н. Технология машиностроения. М., ФОРУМ-ИНФРА-М, 2004, 858 с.
3. Гузенков П.Г. Краткий справочник к расчетам деталей машин, М., Высшая школа, 1968, 341 с.
4. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя, т.1, М., Машиностроение, 1982, 736 с.
5. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора, Л., Машиностроение, 1983, 464 с.
6. Основы технологии машиностроения. / Под ред. В.С. Корсакова. М., Машиностроение, 1977, 416 с.

Резюме

Өңдеудің беріктендіру әдістері беткі қабаттың қаттылығын арттырады. Беткі қабатта деформациялық беріктендіру және сығу немесе созылу қалдық кернеулері пайда болады. Ажарлау арқылы алынған жанасатын тетіктердің беттерінің кедір-бұдырлығына байланысты керілісті қондырудың ұстасу беріктігін есептеу қарастырылған.

Методы упрочняющей обработки повышают твердость поверхностного слоя. В нем возникают деформационное упрочнение и остаточные напряжения сжатия или растяжения. Рассмотрен расчет на прочность сцепления посадки с натягом в зависимости от шероховатости поверхностей сопрягаемых деталей полученных шлифованием.

Methods of strengthening processing raise hardness of a blanket. In it there is a deformation hardening and residual pressure of compression of a stretching. Calculation on coupling strength of interference fit according to the roughness of surfaces of the mating parts getting with grinding was examined.

Сведения об авторах

ФИО: Мендебаев Токтасын Мендебаевич

Ученая степень, ученое звание: д.т.н., профессор

Занимаемая должность: заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения» КазНТУ им. К.И.Сатпаева

Адрес: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

Тел. раб.: 257-70-84

ФИО: Бимен Дүйсен Мыныханұлы

Ученая степень, ученое звание: –

Занимаемая должность: старший преподаватель кафедры «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения» КазНТУ им. К.И.Сатпаева

Адрес: 050013, г. Алматы, ул. Сатпаева, 22

Тел. раб.: 257-71-84

Тел. дом.: 378-17-31

Тел. моб.: +7 701 35 22 881

e-mail: bimen-duisen@mail.ru

Мендебаев Тоқтасын Мендебайұлы

Мендебаев Тоқтасын Мендебаевич

Mendebaev Toktasyn Mendebaevich

Бимен Дүйсен Мыныханұлы

Бимен Дүйсен Мыныханұлы

Bimen Duisen Mynyhanuly