

нению с базовым вариантом (БелАЗ-7523) его теплоотдача с поверхности единичной площади на 60 % больше. Следует отметить, что при повышении аэродинамического сопротивления предлагаемой конструкции снижается частота вращения крыльчатки вентилятора, когда энергии создаваемого потока воздуха (до $\rho_L v_L = 4 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$) недостаточно для эффективного омывания охлаждающей поверхности радиатора.

Комплексная оценка качества радиатора может быть проведена по показателям его теплоотдачи, а энергоемкость системы охлаждения оценивается по энергетическому критерию.

В табл. 1 приведены основные характеристики радиаторов, рассчитанные по [3–6] и результатам экспериментов. Из этих данных следует, что по компактности и относительной теплоотдаче радиатор БПИ уступает серийно выпускаемым образцам ЗИЛ-130 и ВАЗ-2108.

Оценка эффективности радиаторов по энергетическому критерию, который представляет собой отношение теплоотдачи поверхности к мощности, необходимой для создания потоков теплоносителей, показывает, что предлагаемый радиатор уступает только радиатору автомобиля ЗИЛ-130.

Анализ конструкции радиатора БПИ, методов его изготовления и сборки сердцевины показал, что применение таких радиаторов позволяет снизить металлоемкость изделий и себестоимость их изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б у р к о в В.В. Алюминиевые теплообменники сельскохозяйственных и тракторных машин. – М., 1985. – 239 с. 2. Г у б с к и й А.Г., С у ш к о А.А. Стенд для исследования систем теплообмена моторно-силовых установок // Конструирование и эксплуатация автомобилей и тракторов. – Мн., 1986. – Вып. 1. – С. 71–73. 3. Исследование радиаторов системы охлаждения автосамосвала БелАЗ-548: Техн. отчет № 11/82. – М., 1973. – 64 с. 4. Б у р к о в В.В., И н д е й к и н А.И. Автотракторные радиаторы. – Л., 1978. – 216 с. 5. К р и г е р А.М., Д и с к и н М.Е., Н о в е н н и к о в А.Л., П и к у с В.И. Жидкостное охлаждение автомобильных двигателей. – М., 1985. – 176 с. 6. Б а р у н В.Н., Д е у л и н К.Н., Б у р к о в В.В. Теплогидродинамические характеристики автотракторных алюминиевых теплообменников с оребрением, выполненным нарезкой и отгибкой // Техн. пробл. повышения эффективности применения мощных колесных тракторов в РСФСР. – Л., 1984. – С. 39–48.

УДК 621.787.4

А.А. БУГАЕВ

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ И МАКРОГЕОМЕТРИЯ КОЛЬЦЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ХОЛОДНОЙ ТОРЦОВОЙ РАСКАТКЕ

Торцовая раскатка – формообразующий процесс, заключающийся в изменении профиля и размеров поперечного сечения кольцевой заготовки за счет деформирования ее между подвижным в радиальном направлении вращающимся раскатным роликом и матрицей [1].

Для анализа формообразования кольцевых деталей были проведены исследования. Заготовкой являлся пруток диаметром 9 мм и длиной 374 мм из

стали 20, предварительно согнутый в кольцо на специальном штампе. Анализировалось течение металла и степень деформации кольца по сечению в различные моменты раскатки, которая оценивалась по изменению формы и размеров ячеек координатной сетки, предварительно нанесенной резцом на сечение заготовки. Координатная сетка в зонах сечения, контактирующих с раскатным роликом и полостью матрицы, т.е. в периферийных областях сечения кольца, была искажена больше, чем в центральной зоне. Это указывает на различные условия деформирования материала в отмеченных областях.

Кольца, полученные после раскатки, были подвергнуты металлографическим исследованиям: анализировалось распределение микротвердости по сечению кольца с использованием прибора ПМТ-3.

Различие условий деформирования материала в центральной и периферийной зонах сечения заготовки приводит к различию его микротвердости в указанных зонах. Было выявлено, что микротвердость поверхностных слоев кольца, контактирующих с роликом и матрицей, незначительно больше, чем в средней части сечения.

Результаты проведенных исследований показали разнонаправленный деформационный характер формообразования деталей при холодной торцовой раскатке. Незначительное упрочнение кольца на поверхности и по сечению и, следовательно, небольшая степень деформации материала позволяют сделать вывод о том, что круглый пруток является оптимальной исходной заготовкой для получения деталей типа колец методом торцовой раскатки. При использовании прутка имеют место сравнительно небольшие усилия раскатки и распорные усилия, возникающие в полости матрицы, непосредственно влияющие на ее стойкость.

Для выявления точности метода торцовой раскатки были проведены исследования распределения размеров колец. Предварительные измерения параметров заготовки (диаметра и длины) показали, что диаметр изменялся в очень узких пределах (порядка 0,01 мм), а ширина поля рассеивания значений длины заготовки составляла $\delta\sigma = 1,42$ мм, что соответствует 14-му качеству точности.

Раскатка кольцевой заготовки производилась на раскатном устройстве, рабочая полость матрицы которого формирует окончательный размер наружного диаметра кольца. Необходимая высота кольца обеспечивалась жесткими упорами, ограничивающими ход ползуна с роликовым устройством, а внутренний диаметр кольца определялся свободным пластическим течением металла заготовки в радиальном направлении.

Исследования проводились на выборке деталей из партии в 100 штук, изготовленных при неизменных настройке раскатного устройства и технологических режимах: усилия формообразования 200 кН, рабочей подаче раскатных роликов 0,21 мм/об, частоте вращения шпинделя матрицы 430 об/мин, продолжительности формообразования 2 с, продолжительности калибрования кольца по высоте 3 с. Параметры колец измерялись с помощью микрометра с ценой деления 0,01 мм в 10 сечениях с последующим усреднением результатов.

С применением методов математической статистики [2] были построены эмпирические кривые распределения значений диаметральных размеров и толщины кольца и определены их статистические характеристики: среднее арифметическое значение размеров \bar{X} , среднеквадратическое отклонение размеров

\bar{X} , поле рассеивания размеров 6σ . По полученным данным строились теоретические кривые распределения значений исследуемых размеров. Оценка соответствия эмпирического распределения теоретическому осуществлялась с помощью критерия Пирсона χ^2 , на основании которой было сделано заключение, что измерение всех исследуемых параметров соответствует нормальному закону распределения (закону Гаусса).

Точность параметров оценивалась на основании сравнения поля рассеивания 6σ и поля допуска на обработку δ по коэффициенту точности

$$k_T = 6\sigma/\delta.$$

Анализ полученных данных показал, что рассеивание значений толщины кольца $6\sigma = 0,064$ мм соответствует 10-му качеству точности, $k_T = 0,4$; наружного диаметра $6\sigma = 0,08$ мм – 8-му качеству точности, $k_T = 0,15$; внутреннего диаметра $6\sigma = 0,712$ мм – 13-му качеству точности, $k_T = 0,51$.

Анализ коэффициента k_T показывает высокую точность изготовления колец из прутка методом холодной торцовой раскатки, так как для всех исследуемых параметров он меньше единицы.

Достижимая точность колец по толщине и наружному диаметру обеспечивается конструкцией раскатного устройства и зависит от упругих свойств раскатываемого материала.

В конструкции матрицы предусмотрено свободное течение металла в сторону уменьшения внутреннего диаметра кольца, т.е. внутренний диаметр кольца не формируется рабочей полостью матрицы и зависит лишь от параметров заготовки (диаметра и длины). Такое конструктивное решение вызвано необходимостью компенсировать погрешности резки заготовки. Так как ширина поля рассеивания значений диаметра заготовки практически равна нулю (пруток холоднотянутый), на ширину поля рассеивания значений внутреннего диаметра кольца влияет лишь поле рассеивания значений длины заготовки. Значит, существует корреляционная связь между длиной заготовки L и внутренним диаметром кольца $D_{\text{вн}}$. Наличием фаски со стороны внутреннего диаметра кольца объясняется влияние изменения длины заготовки на указанный диаметр.

Близость абсолютного значения коэффициента корреляции ($r_{xy} = 0,991$) к единице указывает на тесную прямолинейную корреляционную зависимость между x (внутренним диаметром кольца $D_{\text{вн}}$) и y (длиной заготовки L).

Корреляционная связь между $D_{\text{вн}}$ и L описывается уравнением

$$D_{\text{вн}} = 295,6015 - 0,5099L.$$

Точностью колец, полученных раскатным способом, подтверждается возможность применения холодной раскатки для получения деталей типа колец в машиностроении и реализация в наибольшей степени технологических преимуществ безотходных методов изготовления деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дробинин В.В., Ейкалис Л.Г., Бугаев А.А. Изготовление деталей давольно-раскатным методом // Машиностроение. – Мн., 1986. – Вып. 11. – С. 71–73.