



Рисунок 4 – Графики зависимости перепада давлений от величины зазора:
а – с гладкой радиальной щелью, б – в лабиринтном уплотнении

Исходя из приведенных преимуществ и графиков зависимостей, а также с точки зрения технологичности изготовления плунжера аксиально-поршневого насоса целесообразно использовать щелевое уплотнение с гладкой радиальной щелью.

Список использованных источников

1. Уплотнения и уплотнительная техника: справочник / Л. А. Кондаков, А. И. Голубев, В. Б. Овандер и др.; Под общ. ред. А. И. Голубева, Л. А. Кондакова. – М. : Машиностроение, 1986. – 464 с.
2. Макаров, Г. В. Уплотнительные устройства / Г. В. Макаров. – Л. : «Машиностроение», 1973. – 232 с.

УДК 621.438-46

МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ В ЗУБЬЯХ ЛИНТЕРНЫХ ПИЛ МЕТОДОМ АБРАЗИВНО-СТРУЙНОЙ ОБРАБОТКИ

Шодмонкулов З.А., PhD, доц.

*Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

Реферат. В статье рассмотрен процесс формирования микронеровностей. Разработан механизм формирования микронеровностей обработанной поверхности на базе дислокационных представлений пластической деформации металлов в процессе абразивоструйной обработки.

Ключевые слова: дробеударная обработка, абразивные частицы, термоупрочнение, линтерования, хлопковое волокно, линт, семена.

Высокие качественные показатели хлопкопереработки при джинировании и линтерования, в первую очередь, обеспечиваются геометрическими параметрами зубьев пильных дисков и состоянием их рабочих поверхностей. При этом себестоимость продукции (хлопковое волокно, линт, семена) при переработке хлопка-сырца во многом определяется долговечностью и работоспособностью пильных дисков, являющихся самой массовой деталью рабочего органа дисков и линтеров. Пильные диски, изготавливаемые из углеродистой инструментальной стали У8Г и пружинной стали 65Г, являются основной деталью рабочего органа (пильного цилиндра) волокно-отделительных машин – пильных джинов и линтеров.

Как показано в исследованиях, термоупрочнение (обработка лучом лазера, электроконтактный нагрев) зубьев джинных пил, создавая высокую твердость всей рабочей части вершины зуба, осуществляет объемную закалку. Однако такой вид закалки нежелателен для деталей, подвергающихся переменным напряжениям при изгибе, так как при этом не сохраняется

необходимая вязкость сердцевины детали. Поэтому для работы пильных дисков, имеющих даже высокую поверхностную твёрдость, из-за меньше сопротивляемости изгибу зубьев может произойти снижение их работоспособности.

Зубья пил, подвергающиеся при эксплуатации одновременно усталостному разрушению и изнашиванию контактных поверхностей, должны сочетать вязкую сердцевину рабочей части зуба и достаточную поверхностную твёрдость. Дробеударная обработка (обработка микрошариками) зубьев пил является высокоэффективным методом технологического обеспечения качества их поверхностного слоя, что положительно влияет на долговечности и перерабатываемой продукции. Данная обработка относится к ударным методам поверхностного пластического деформирования деталей машин и обеспечивает механическое упрочнение (увеличение микротвёрдости) поверхностного слоя зубьев пил при сохранении вязкой сердцевины детали [1]. Преимуществом дробеударной обработки является создание деформационного упрочнения и одновременно сглаживание заусенцев на переходных поверхностных зубьев после их вырубки.

Расширяя технологические методы обеспечения высокой работоспособности пильных дисков, необходимо указать на положительный опыт применения абразивоструйной обработки зубьев ленточных пил. В зависимости от размеров (зернистости) абразивных частиц (карбид кремния, электрокорунд, купершлак и др.) можно решать разные технологические задачи, связанные с формированием заданной шероховатости, устранением заусенцев, созданием наклепа. Абразивные частицы обладают множеством острых кромок, выполняющих роль режущих клинов с различной геометрией и способных осуществить микрорезание с образованием микронеровностей поверхности на обрабатываемой детали.

Процесс линтерования, осуществляемого соскабливанием острой вершиной зубьев пил волокнистого материала их хлопковых семян, можно интенсифицировать, если активизировать и вовлечь в работу также боковые поверхности зубьев, создав целенаправленно регулируемый профиль шероховатой поверхности. Необходимо абразивоструйной обработкой получить такой профиль поверхности, у которого высота неровностей и шаг их расположения будут соизмеримы с диаметром волокна.

Абразивоструйная обработка рабочих поверхностей деталей включает ряд процессов контактного взаимодействия абразива с металлической поверхностью: удар и внедрение на некоторую глубину абразивной частицы, микрорезание (царапание) и, как следствие, образование нерегулярного микропрофиля. Указанные процессы основаны на пластической деформации контактного микрообъёма металла, где интенсивность напряжений превосходит предел текучести обрабатываемого материала [2].

При абразивоструйной обработке предлагается параметр $H_{усл}$ – условная высота неровностей обрабатываемой поверхности, сопоставимая с одним из стандартных высотных параметров шероховатости поверхности

$$H_{усл} = \frac{\pi \rho_D V \tau (1-\nu) \sin \alpha}{G} \quad (1)$$

Для расчёта условной высоты неровностей $H_{усл}$ по формуле предварительно необходимо найти плотность дислокаций ρ_D , объём пластически деформированной зоны V и напряжение сдвига τ . Трудноопределимый параметр – плотность дислокаций, определим по квадратичной зависимости приведенного напряжения сдвига τ от плотности дислокаций, которая была получена в экспериментальных работах по изучению деформационного упрочнения металлов.

Для определения зависимостей параметра шероховатости обработанной поверхности зубьев ленточных пил от режима обработки были проведены экспериментальные исследования с использованием математического метода планирования эксперимента.

В качестве входных параметров (факторов) приняты давление p и угол α атаки абразива. Время обработки было постоянным $t = 2$ мин. Выходной параметр – высота H неровностей обработанной поверхности. Выбор области эксперимента, то есть уровни и интервалы варьирования исследуемых параметров (табл. 1) сделан на основании результатов предварительных исследований абразивоструйной обработки и анализа априорной информации.

В результате обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии с кодированными переменными:

$$y = 1,85 + 0,15x_1 + 0,3x_2 + 0,25x_1x_2 \quad (2)$$

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования исследуемых параметров

Фактор (обозначение)	Шаг варьирования	Уровень (обозначение)		
		верхний (+ 1)	основной (0)	нижний (- 1)
$p (x1)$	0,1	0,4	0,3	0,2
$\alpha (x2)$	15	45	30	15

Согласно полученной модели выходной параметр y возрастает с увеличением факторов x_1 и x_2 . Статистическая значимость коэффициентов уравнения регрессии (2) подтверждена сравнением абсолютной величины коэффициентов с доверительным интервалом в соответствии с критерием Стьюдента. Проверка гипотезы адекватности модели по F -критерию Фишера указывает на то, что линейная модель, представленная уравнением (2), адекватна.

Перейдя от кодированных значений факторов x_1 и x_2 к натуральным величинам p и α , получим зависимость показателя H от давления p и угла α :

$$H = 2,3 - 0,35p - 0,03\alpha + 0,017p\alpha \quad (3)$$

Уравнение (3) можно использовать как интерполяционную формулу для определения высоты H неровностей поверхности зубьев линтерных пил после абразивной обработки.

Экспериментальные исследования высоты неровности зубьев линтерных пил, проведенные методом атомно-силовой микроскопии, подтвердили правомочность дислокационного подхода к описанию механизма формирования микропрофиля обработанной поверхности.

В пределах длины сканирования 49,8 и 69,7 мкм имеются максимальные значения высоты неровностей соответственно равные 2,68 и 2,64 мкм, то есть на порядок больше, чем на необработанных зубьях. Но главным результатом абразивоструйной обработки зубьев линтерных пил является образование микропрофиля со значительным шагом неровности ($S > 20$ мкм), превосходящим в несколько раз соответствующий шаг необработанных зубьев и сопоставимым с диаметром хлопковых волокон (при $d = 20$ мкм) [3].

В соответствии с классификацией схем взаимодействия волокна профиль зубьев пил после абразивоструйной обработки характеризуется соотношением $S/d > 1$ при высоте неровности $Rz = 2-10$ мкм и $S = 12-20$ мкм. Благоприятный профиль поверхности зубьев в процессе абразивоструйной обработки обеспечивается высокими режущими способностями абразива – карбида кремния черного, оказывающего режущее и упрочняющее действия при ударе в составе воздушной смеси на обрабатываемую поверхность.

Если высота неровностей окажется в диапазоне $Rz = 10-80$ мкм, это создаёт условие для размещения хлопковых волоконцев в несколько рядов по высоте, то есть возникнет условие для дополнительной интенсификации процесса линтерования.

Список использованных источников

1. Шин, И. Г. Технологические методы обеспечения качества и прогнозирования долговечности деталей машин первичной обработки хлопка [Текст]: автореф. дис... докт. техн. наук / И. Г. Шин. – Ташкент : ТИТЛП, 2014. – 90 с.
2. Shin, Z. Shodmonqulov, S. Nazarov, N. Iskandarova "Processing of teeth of saw blades of cotton processing machines with a stream of compressed air with abrasive particles". E3S Web of Conferences 304, 03033 (2021) ICECAE 2021 – Режим доступа : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130403033>. – Дата доступа: 11.03.2024.
3. Shodmonkulov Zokhir, Ortikov Oybek, Karimbayev Djasurbek, Muminova Nargiza "Simulation of a single interaction of an abrasive particle with the surface of a part during blasting". ISCMSTIAI – 2022 (Tashkent). – С. 345–350. – Режим доступа : <https://www.researchgate.net/publication/361390675>. Conference Paper June 2022. Режим доступа : <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=58258722500>. – Дата доступа: 12.03.2024.