

ПОЛТАВСЬКА ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра технології та засоби механізації аграрного виробництва

Пояснювальна записка
до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти
« магістр »

На тему: «Вдосконалення технології відновлення колінчастих валів
автотракторних двигунів»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти « магістр » групи
б

Качала Є.О.

Керівник: Лапенко Г.О.

Рецензент: Іванкова О.В.

Автореферат

Магістерська дипломна робота на тему: «Вдосконалення технології відновлення колінчастих валів автотракторних двигунів» складається з пояснювальної записки обсягом 66 сторінок, має 4 розділи, включає в себе 9 таблиць і 11 рисунків.

Об'єктом дослідження є відновлення корінних та шатунних шийок колінчастого валу методом газополуменевого напилення з подальшою обробкою шліфуванням. Для шліфування були підібрані круги ПАТ «Полтавський алмазний інструмент».

Мета роботи – визначення оптимальності відновлення колінчастих валів автотракторних двигунів.

Методи досліджень передбачають теоретичні та експериментальні дослідження з вибору методу відновлення колінчастих валів. Експериментальні дослідження проводилися в лабораторіях Полтавського державного аграрного університету.

Виконаний порівняльний аналіз, методів відновлення корінних та шатунних шийок колінчастих валів та отримані результати можуть використовуватись підприємствами для вибору оптимального методу відновлення корінних та шатунних шийок.

Ключові слова: газополуменево напилення, шліфувальний круг, колінчастий вал, корінні та шатунні шийки.

Вступ

Одним із шляхів підвищення ресурсу техніки і знизиння витрат на запасні частини є впровадження у виробництво технології відновлення і зміцнення деталей з використанням методів газотермічного напилення (газополуменеве, полуменеве, детонаційне напилення; електродугова металізація).

В даний час розроблені різні види порошків, удосконалене обладнання і технології нанесення покриттів, що обумовлює можливість їх широкого застосування для зміцнення і відновлення деталей машин і обладнання. У промислово розвинених країнах з метою вирішення екологічних проблем методи газотермічного напилення покриттів, в тому числі і газополуменеве, що використовуються для заміни гальванічних технологій. З переваг простота методу, компактність і відносно низька вартість обладнання. Надійність відновлених деталей багато в чому залежить від якості напиленого покриття, яке визначається, перш за все, міцністю зчеплення його з основою. А також від якості обробки поверхні шліфувальними кругами. При виборі шліфувальних кругів потрібно враховувати, що значний вплив на підвищення точності і покращення якості поверхні залежить від матеріалу з якого складається шліфувальний круг.

Існуючі абразивні матеріали, такі як електрокорунд, карбід кремнію і карбід бору, в ряді випадків не забезпечують високої продуктивності і якісних показників обробки. Цим пояснюється підвищена цікавість до використання в якості ріжучого зерна нових абразивних матеріалів, таких як алмаз.

Однією з галузей де використовують алмазний інструмент є шліфування шийок колінчатих валів. Процес шліфування являє собою зняття шару матеріалу завдяки обертанню інструмента та заготовки встановленої в патрони круглошліфувального верстата. Завдяки зміні швидкості обертання деталі та швидкості обертання інструменту можна підібрати оптимальні режими для шліфування.

Геометричні розміри шліфувальних кругів підбираються виходячи із технічних характеристик шліфувального верстату.

1. Стан питання та вибір методу досліджень

1.1 Аналіз дефектів колінчастих валів

Колінчаті вали в процесі роботи піддаються дії змінних навантажень і відчувають три види навантаження: односторонній вигин, змінний вигин і змінний вигин з крученням. Колінчастий вал складається з наступних частин (рис. 1.1) Всі рухомі з'єднання на колінчастому валу (вал - шатун, вал - картер двигуна) виконані з використанням підшипників ковзання. Роль підшипників виконують тонкостінні алюмінієві вкладиші. Змазування вкладишів під тиском. Форма колінчастого валу залежить від розташування і кількості циліндрів, порядну роботи та тактності двигуна. Колінчасті вали виготовляють методом гарячого штампування з легованої сталі або виготовляють з високоміцного чавуну.

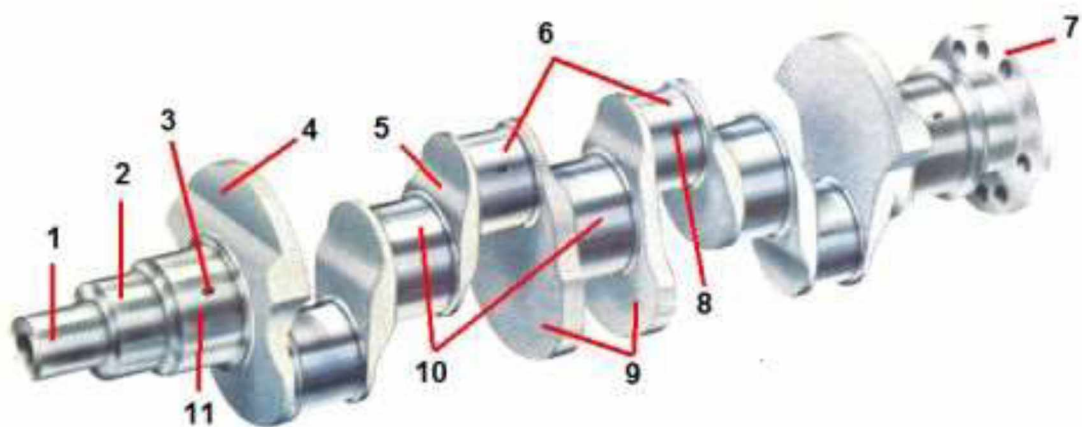


Рис. 1.1 – Колінчастий вал: 1 – носок колінчастого валу, 2 – посадочне місце для зірочки привода розпредвала, 3 – отвір підводу масла до корінної шийки, 4 – противага, 5 – щока, 6 – шатунні шийки, 7 – фланець маховика, 8 – отвір підводу масла до шатунної шийки, 9 – противоваги, 10 – корінні шийки, 11 – корінна шийка упорного підшипника.

Найбільш важливим для роботи колінчастого валу є корінні та шатунні шийки. Основною причиною виходу з ладу машин є зношування деталей, вузлів, агрегатів, що виражається в руйнуванні поверхонь сполучених деталей, у порушенні їх початкових геометричних форм, об'єму, ваги і т.д. Зношування деталей може бути природним (при дотриманні всіх правил технічної експлуатації та передчасним (при порушенні цих правил).

Можливі також аварійні поломки, що залежать від конструкції, якості матеріалів, їх механічної і термічної обробки, різних заводських дефектів і т.д.

Одним із найважливіших факторів, що впливають на процес зношування, є вплив сил тертя між сполученими деталями. Найбільш сприятливими проти зношування є рідке тертя, для отримання якого необхідне дотримання наступних умов:

- між поверхнями, що труться, деталей повинен бути зазор, достатній для утворення «масляної плівки»;
- в'язкість мастила та його текучість повинні відповідати певним значенням;
- масло повинно подаватися в найбільш навантажену зону вузла тертя.

Основою теорії тертя і зношування деталей служить класифікація видів зношування для пар тертя. Розрізняють три основні види зношування: механічне, молекулярно-механічне та корозійно-механічне;

Механічне зношування поділяється на три види: абразивне; внаслідок пластичних деформацій; при втомлювальному руйнуванні.

Абразивне зношування виникає в результаті ріжучої або дряпаючої дії твердих частинок, що знаходяться між поверхнями тертя. Абразивними частинками можуть бути не тільки частинки, що потрапляють у вузли тертя зовні, але і частинки продуктів зносу деталей і нагару, що утворюється всередині агрегатів автомобіля.

Зношування внаслідок пластичних деформацій полягає у переміщенні поверхневих шарів деталі під впливом значних навантажень. Це призводить до

зміни розмірів та форм без втрати маси деталі (наприклад, деформування круглих деталей з утворенням еліпсоподібної форми).

Зношування при утомленому руйнуванні полягає в тому, що поверхневий шар металу однієї з сполучених деталей під дією сил тертя, пластичної деформації і великих знакозмінних навантажень, що призводять до наклепу, зміцнюється і стає надзвичайно крихким, що призводить до його руйнування шляхом викришування окремих частинок.

Молекулярно-механічне зношування викликається молекулярною взаємодією між тісно зближеними поверхнями металів, що призводить до міцного «схоплювання» і «зварювання» в місцях контакту, тобто, відбувається процес дифузії.

При значних навантаженнях і відсутності масляної плівки між поверхностями, що труться, інтенсивність цього процесу різко зростає (відбувається адгезійне зношування). На початку руху деталей відбувається порушення молекулярних зв'язків із наступними різними видами руйнування поверхонь – відбувається перенесення металу з однієї деталі в іншу.

Корозійно-механічне зношування відбувається при поєднанні корозії та механічного зношування, описаного вище.

Дослідження показали, що колінчаті вали в процесі роботи піддаються дії змінних навантажень і відчувають три види навантаження: односторонній вигин, змінний вигин і змінний вигин з крученням. Всі рухомі з'єднання на колінчастому валу (вал – шатун, вал – картер двигуна) виконані з використанням підшипників ковзання, їх роль виконують тонкостінні алюмінієві вкладиші. Змащування вкладишів виконується комбінованим методом: корінні шийки – під тиском, шатунні шийки – розбризкуванням.

Корінні і шатунні шийки колінчастих валів та галтелі піддаються контактному зношуванню. Інтенсивність наростання зносу деталей і зміна зазорів рухливих сполучень в залежності від тривалості роботи відбуваються в певній закономірності.

Перший період характеризується інтенсивним наростанням зносу за порівняно малий період роботи – це час приробітка деталей. Зношування в цей період багато в чому залежить від шорсткості робочої поверхні, а також зі збільшенням навантаження в початковий період роботи знос деталей значно підвищується.

Другий період, найбільший за протяжністю, відповідає нормальній роботі деталей і сполучень. За час нормальної експлуатації знос деталей збільшується на порівняно невелику величину, часто звану відповідним зносом. Інтенсивність зношування при цьому багато в чому залежить від своєчасності і якості проведеного технічного обслуговування.

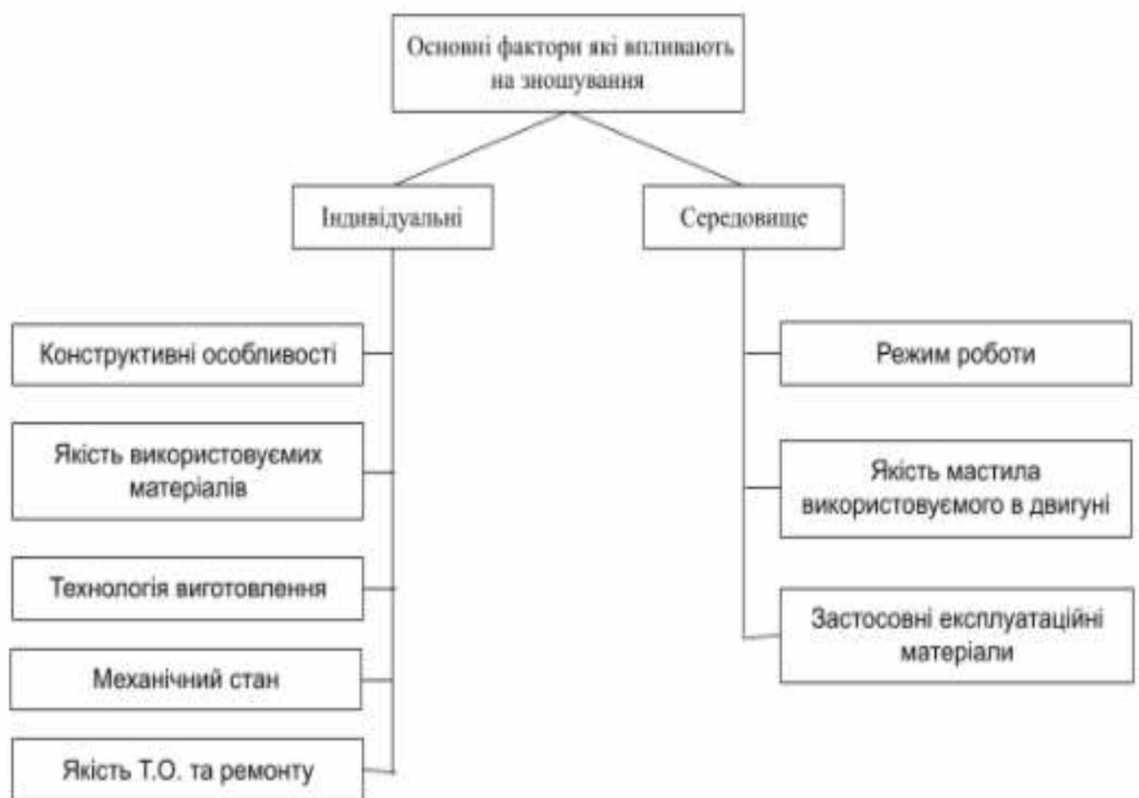


Рис.1.2 Схема факторів зношування

Третій період характеризується інтенсивним наростанням зносу деталей внаслідок збільшуються зазорів в сполученнях. Робота сполучень з спрацювання, що перевищує допустимі значення, як правило, характеризується

порушенням умов змащення, супроводжується перегрівом деталей, появою шумів і стуків і часто закінчується аварійним руйнуванням. Такий знос називаються граничними. Деталі, що мають граничні зношення, до роботи не допускаються і є потенційними предметами відновлення.

При аналізі корінних та шатунних шийок можна виділити такі фактори зношування (Рис 1.2).

При визначенні дефектів корінних та шатунних шийок їх оглядають на виявлення тріщин і задирів. Шляхом вимірювань визначається величина зносу і абсолютні розміри робочих поверхонь. Головною причиною зношування корінних і шатунних шийок являється природне зношування яке виникає в результаті тертя спряжених деталей. В результаті зношування шийок вала змінюється їх геометрична форма.

Нерівномірність зношування корінних та шатунних шийок обумовлюється не рівномірними навантаженнями. Як показує практика інтенсивність зношування поверхонь шатунних шийок в середньому в 1,29 різа більше ніж корінних. А також одною з причин зношування являється наявність в мастильному матеріалі твердих абразивних частинок, які з'являються при невчасній заміні мастила. І при невчасній заміні мастила і масляних фільтрів можливе забивання масляних каналів що призводить до масляного голодання і в наслідок черезмірного тертя прикіпання підшипників ковзання до шийок колінчастого валу.

Зношування корінних і шатунних шийок або підшипника ковзання (вкладишів) в межах 0,05-0,08 мм вже є небезпечним, оскільки може призвести до пошкодження колінчастого валу.

Зазвичай зношені шийки ремонтують за допомогою шліфування до ремонтних розмірів (до 6 разів). Починаючи з третього ремонту знос корінних шийок збільшується на 15-20% в порівнянні з новими. Це пов'язано з зменшенням поверхневої твердості. Середня твердість корінних шийок колінчастих валів (51,1 HRC), відповідає нижній межі допуску на твердість загартованих шийок таким чином, в зоні, де зношування шийок незначне,

твердість майже не змінюється і залишається в межах допуску для нових колінчастих валів (52-56 HRC). Зазвичай в межах де виникає великий знос твердість знижується на 10 HRC.

1.2 Аналіз способів відновлення корінних та шатунних шийок

До основних способів відновлення корінних і шатунних шийок відносяться такі способи:

- Шліфування під ремонтні розміри

Найпоширенішим способом відновлення колінчастих валів являється спосіб шліфування корінних та шатунних шийок до ремонтних розмірів. Необхідність у цьому виникає в зв'язку з тим, що шийки в процесі зносу набувають неправильної геометричної форми, що порушує працездатність кількох з'єднань шийок з вкладишами, але і всього кривошипно-шатунного механізму, оскільки він працює при цьому з великими перекосами. Перекоси кривошипно-шатунного механізму, у свою чергу, призводять до підвищених зносів циліндрів і поршневих кілець. Вони є також причиною виштовхування поршневим пальцем стопорних кілець з їх канавок і, як наслідок, глибоких задирів поршня і циліндра. На двигунах ЗІЛ-130, ГАЗ-51, ЗІМ-12, М-20 і ГАЗ-69 найбільшому зносу піддаються шатунні шийки: їх знос, як правило, перевищує знос корінних шийок на 50-100% середні корінні шийки зношуються на 30-40% більше, ніж крайні.

- Метод наплавки

Відновлення шийок колінчастих валів до номінальних розмірів можливе внаслідок застосування методів наплавлення та напилення, але існують інші методи.

Технологічні процеси відновлення сталевих валів наплавленням можна умовно розділити на наплавлення з подальшою термообробкою та наплавлення під легованим флюсом без подальшої термообробки.

До першої групи необхідно віднести технологічний процес, розроблений у Саратовському політехнічному інституті. Цей процес полягає в наплавленні шийок валів дротом Нп - 30ХГСА під флюсом АН - 15 з подальшою нормалізацією, токарною обробкою, загартуванням шийок струмом високої частоти, шліфуванням та поліруванням. Відновлені такою технологією вали мають межу втомної міцності таку ж, як і в гранично зношених.

Існують інші методи:

-перед наплавкою підігривають весь вал, або шийки до температури 300-450°C, наплавляють шийки дротом Нп-30ХГСА під флюсом АН-348А з подальшим відпуском, загартуванням струмами високої частоти, низькотемпературною відпусткою і механічною обробкою (це технологія Ярославського мотора ЯМЗ – 240 та Алтайського моторобудівного виробничого об'єднання – для двигунів А – 41, А – 01М);

-наплавлення високовуглецевим пружинним дротом другого класу (ПК - 2) під флюсом АН - 348А з подальшою механічною обробкою, високотемпературною відпусткою, гартуванням струмами високої частоти, шліфуванням та поліруванням (технологія Казанського наукового дослідницького інституту автомобільного транспорту);

-наплавлення шийок електродним дротом Св-08 під флюсом АН-348А з подальшим газовим азотуванням при температурі 570°C+10°C з часом витримки 12 годин та поліруванням шийок.

До другої групи технологічних процесів відносять відновлення деталей за такими схемами:

наплавлення циліндричної частини шийки дротом Нп - 30ХГСА під сумішшю флюсів АН-348А(20%) та АНК-118(80%) з попереднім підігрівом валу до температури 200-220°C з подальшим чорновим шліфуванням, підрізуванням жолобників, ручної та чистової технологія ВЕЛЮ «Ремдеталь» та ДЕРЖАННЯ);

наплавлення високовуглецевим пружинним дротом другого класу під флюсом АН-348А з добавкою ферохрому, графіту та рідкого скла (технологія НДІЛТ);

широкошарова наплавка шийок вздовж утворює електродом, що коливається без заплавки жолобників дротом Нп - 30ХГСА під сумішню флюсів АНК-18 (70-80%) і АН-60 (20-30%) (технологія ЧІМ ЕСХ); наплавлення шийок проводиться дротом ПП-АН-122 під флюсом АН-348 з подальшою електроконтактною обробкою наплавлених поверхонь замість шліфування (технологія Пермського СХІ); наплавлення з попереднім підігрівом до 200°З дротом Нп - 70 під флюсом АН-348А легованим ферохромом та феррованадієм (технологія Оренбурзького СХІ).

Однією з основних проблем, що виникають при напавленні чавунних валів, є їх деформація, тобто вкорочування на 2,8-3,2 мм. У деяких випадках відновлені вали через значне укорочення не можна встановлювати в блок циліндрів.

Ефективним засобом усунення деформації валів є їхнє жорстке кріплення в процесі напавлення і термообробки - повільним нагріванням деталей разом з піччю протягом 3 годин до температури 680°С, витримка при цій же температурі протягом 3 годин і охолодження разом з піччю до температури 35 потім на повітрі.

При застосуванні для відновлення шийок колінчастого валу (чавунного) способу П (порошковим дротом ПП-АН-122 у два шари) і ШТ (широкарим дротом -0,8 з феромагнітною шіткою, з подальшою високотемпературною відпусткою) лінійні деформації деталей після напавлення а запас втомної міцності більше одиниці. Оскільки застосування методу ШТ пов'язано з додатковими витратами на термічну обробку, підприємствам можна рекомендувати комбінований спосіб відновлення шийок чавунних колінчастих валів: корінні шийки напавляються методом ШТ, шатунним методом П або М (дротом Св-08 під шаром легованого флюсу по метал.

Курським політехнічним інститутом та ІЕС імені Є.О. Патона розроблено процес багатоелектродного наплавлення колінчастих валів під шаром флюсу в окремі зварювальні ванни. При цьому на поверхню шийки за один оберт одночасно наплавляється без перекриття паралельні кільцеві валики, кількість яких залежить від довжини шийки і обмежується потужністю джерела струму. При наступній обробці деталі включають другий механізм, що подає, і друга група з валиків заплавляє проміжки між першими.

Використовуючи електродний дріт різних складів, застосовуючи багатоелектронне наплавлення, отримують однорідний наплавлений шар. Так, всю поверхню шийки можна наплавляти електродами, що забезпечують високу твердість, а канали - електродами, що створюють достатню пластичність металу.

- Напилення

Газополуменеве напилення - одержання покриття із нагрітих та прискорених частинок напилюваного матеріалу із застосуванням високотемпературного газового струменя, в результаті зіткнення яких з основою або напиленим матеріалом відбувається їх з'єднання за рахунок зварювання, адгезії та механічного зчеплення.

Зазвичай ГТН застосовують для створення на поверхні деталей та обладнання функціональних покриттів — зносостійких, корозійно-стійких, антифрикційних, протизадирних, теплостійких, термобар'єрних, електроізоляційних, електропровідних тощо. Матеріалами для напилення служать порошки, шнури і дроти з металів, металокераміки і кераміки.

Деякі з методів газотермічного напилення є альтернативою методам гальванічної, хіміко-термічної обробки металів, плакування, інші — методам фарбування чи нанесенням полімерних покриттів. Поширеним застосуванням ГТН є ремонт і відновлення деталей та обладнання. За допомогою напилення можна відновити від десятків мікрон до декількох міліметрів за товщиною на поверхні металу.

Особливостями технології є:

Можливість нанесення покриттів з різних матеріалів (практично будь-який плавкий матеріал, що можна подати у вигляді порошку або дроту); перемішування матеріалу основи і матеріалу покриття;

Незначне (не більше 150 °С) нагрівання поверхні при нанесенні покриття;

Можливість нанесення декількох шарів, кожен з яких несе свою функцію.

1.3 Газополуменеве напилення

Корінні та шатунні шийки колінчастих валів які вийшли із ремонтних розмірів наплавлювальню механізованим способом під шаром флюсу або в середовищі вуглекислого газу. Наплавляють шийки до діаметра більшого, ніж у нормальної шийки на велечену припуску, необхідного для наступної механічної обробки.

Твердість наплавлювального шару повинна бути в межах 52..62HRC. Після чорнового точіння та шліфування, шийки закаляють ТВЧ і шліфують до номінальних розмірів.

Аналіз існуючих технологій відновлення колінчастих валів методом наплавки під шаром флюсу або в середовищі вуглекислого газу показав, що вони мають суттєві недоліки:

-значне перегрівання металу в зоні наплавлення приводить до значної деформації колінчастого валу;

-При напавленні шийок в середовищі вуглецевого газу відбувається часткове розбризування металу, різко змінюється хімічний склад металопокриття, а напавлений шар схильний до утворення тріщин;

-при напавці під шаром флюсу утворюється шар металу з порестою, нерівномірною структурою. Дотого ж слід враховувати високу вартість електронного дроту та флюсів.

Як показав аналіз літературних джерел, більш ефективним технологічними способом відновлення корінних та шатунних шийок колінчастих валів є газополуменеве напилення, яке передбачає розпилення в

полум'я горючих газів у суміші із киснем. найбільш поширеним газом є ацетилен, що забезпечує температуру полум'я 3100...3200 С, що на 500..800 С вище температури горіння інших газів.

Як правило газополуменеве напилення використовують для відновлення деталей типу "вал", які не мають деформацій та зміни мікроструктури основного шару.

В залежності від матеріалу, який використовується, газополуменеве напилення поділяється на два види: напилення прутком та порошкове напилення.

В першому випадку пруток або дріт за допомогою механізму подачі направляється через центральний отвір пальника в високотемпературну зону полум'я де розплавляється, розпиляється і переноситься на поверхню деталі.

Більш поширеним методом стало напилення порошками, яке дозволяє в більш широких діапазонах регулювати склад покриття, що наноситься, забезпечуючи підвищення щеплення покриття з основною деталлю.

В комплексі обладнання для відновлення шийок колінчастих валів газополуменевим напиленням входить установка для напилення УПТР-1-78М, модернізований пальник для напилення ГН-2, круглошліфувальний верстат ЗАЧ23, кисневий та ацетиленовий балони, ацетиленовий генератор, композиційні самофлюсуючі порошки ПТ-12Н-01 та ПГ-СР2. Установка УПТР-1-78 призначена для нанесення порошків самофлюсуючих твердих сплавів "нікель-хром-бар-кремній" які забезпечують безпросте, надійно зв'язані з основним металом покриття. що має високу зносостійкість, стійкість корозії, ерозії, кавітації та теплових дій. При відновленні шийок колінчастого валу доцільно вибирати оптимальний режим роботи, керуючись наступними правилами:

-перед напиленням деталей необхідно розігріти до температури 50...150 С. Відсутність підозріву може стати причиною розтріскування покриття та його відновлення від деталей. З іншого боку не божано нагрівати деталь вище 250 С,

що призведе до утворення на її поверхні окисної плівки, що також призведе до зниження величини зщеплення покриття і деталі.

-дистанція напилення знаходиться в межах 75...250 мм. При меншій дистанції відбувається перегрів і деформація деталі під впливом термічних напруг. При збільшенні дистанції напилення за 250 мм. знижується температура і швидкість частинок, що напиляють, що приводить до утворення рихлого покриття і зменшення зщеплення з основною деталлю;

-рекомендується пальник для напилення розташувати перпендикулярно до поверхні напилення. При цьому забезпечується найбільша деформація частинок, що напиляються при ударі об основу деталі. Відхилення від перпендикулярного розташування пальника не повинно перевищувати 45°.

-швидкість подачі матеріалу, що напиляється, повинне враховувати фізико-механічні властивості матеріалу і товщину шару, який наплявляється.

Фірма "Кастолін" Швейцарія для відновлення колінчастих валів проводять газополуменеве напилення шийок в два етапи: спочатку напиляють підшар порошка товщиною 0,3 мм, а потім основний матеріал.

Модернізований пальник ГП-2(Комбінований інжекторний) призначений для змішування газу з киснем і порошком, що напилюється і отримання газового полум'я. Потужність, склад і форма зварювального полум'я залежить від муштука пальника. Порошок під впливом газу і кисню, які протікають по каналу, попадає в сопло і далі в ядро полум'я.

Відновлення колінчастого валу способом газополуменевого напилення вимагає строгого дотримання технологічного циклу та параметрів напилення, підготовки деталі, обладнання і матеріалів недодержання послідовності або їх не якісне виконання приведе до утворення дефектного напиленого шару з послідовним його розтріскуванням і відділенням основної деталі.

Для підбору порошоків з відповідною дисперсністю зерна їх просіюють через сито з розмірами відповідних отворів. Далі їх просушують при температурі 150-200°C, на протязі 2-3 годин. Вибір матеріалу для напилення

проводиться виходячи із подібності хімічного складу основного металу деталі та напиляемого шару.

Для напилення першого підшару використовується самофлюсуючий порошок ПГ-12Н-01 Гост 27538-90 характеристики якого приведені в таблиці 1.

Таблиця 1.1 - Характеристика порошка підшару

Марка порошка	Основа	Твердість, HRC	Характеристика покриття	Область використання
ПГ-12Н-01	Нікель	36...45	Зносостійке, корозійностійке покриття з високою адигезією.	Для відновлення деталей типу “вал”, які працюють при закономірних навантаженнях, абразивному зношуванні та при дії високих температур.

Після нанесення першого підшару проводиться нанесення порошка для робочого шару, характеристика якого приведена в таблиці 2.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад і характеристика порошка для робочого шару

Порошок	Марка	Гост	Хімічний склад				Характеристика покриття
			Fe	Cr	C	інші	
Самофлюсуючий сплав Ni-Cr-B-Si	ПГ-CP2	Гост 21448-78	5	12...25	0,2...0,5	Si-2..5 B-1,5...2.1	Висока зносостійкість HRC 35

система легування N1-B-Si забезпечує низьку температуру плавлення сплавів в межах від 1030 до 1150 С, що дозволяє проводити їх оплавлення. Оплавлення покриття забезпечує велику силу щеплення з поверхністю колінчастого валу і має коефіцієнт тертя. Самофлюсуючий ефект забезпечується за рахунок Si і В. При назріванні вони окисляються і утворюють дуже тонку плівку боросилікатів. Плівка покриває разом із сплавом поверхню основного металу і діє як відновлювач.

Напилення основного робочого шару порошком ПГ-СР2 дозволяє отримати покриття з необхідними фізико-механічними властивостями та товщини. Основний шар наносять через одну шийку, починаючи з першої шатенної шийки. Після кожного циклу напилення проводяться контрольні заміри діаметра шийки. Припуск на шліфування становить 0,5 мм на сторону від номінального діаметра шийки вала. Збільшення припуску не бажане, так як збільшення напиленого шару зменшує висоту заглиблення напиленого шару з основним матеріалом колінчастого валу.

1.4 Шліфування колінчастих валів

Відомий метод відновлення деталей шліфування під ремонтні розміри широко і виправдано застосовується на ремонтних підприємствах автомобільного транспорту і сільського господарства при відновленні колінчастих валів автотракторних двигунів. Наприклад, за шість місяців на ремонтно-механічному. Незважаючи на багаторічний досвід ремонтної галузі щодо здійснення технологічного процесу шліфування колінчастих валів при їх відновленні якість його виконання залишається низькою.

За результатами вимірювання шатунних шийок випадкової вибірки десяти колінчастих валів, шліфованих на перший ремонтний розмір, не відповідали технічним вимогам за розміром на 52%, по овальності на 45%, а

серед валів, шліфованих на шостий ремонтний розмір, за розміром на 82 % і по овальності на 55%. Зменшити поява похибок при відновленні колінчастих валів, як і будь-яких інших деталей, можна тільки в тому випадку, якщо оперативно виявити причини їх виникнення. Однак виявлення причин зазвичай ускладнене тим, що при виконанні операцій відновлення деталей похибки сумміруються. Чисельне значення загальної похибки утворюється в результаті підсумовування приватних похибок, що виникають частіше наслідком випадкових, а іноді і систематичних первинних факторів. Число випадкових чинників і викликаних вади знайти не змінюється в часі, все випадкові фактори не мають різких відступів, немає і домінуючих. При відновленні колінчастих валів шліфуванням під ремонтний розмір шийок практично неможливо забезпечити їх 100% - й ресурс, який зменшується зі збільшенням номера ремонтного розміру.

Метою роботи є виявлення причин утворення похибок технологічного процесу шліфування колінчастих валів під ремонтні розміри за даними результатів технічного контролю і спостережень ходу технологічного процесу шліфування безпосередньо на виробництві. Для визначення закономірностей зміни розмірів колінчастого вала і стабільності технологічного процесу шліфування валів при їх відновленні застосований дослідно-статистичний метод з перетвореним алгоритмом розрахунків, запропонованих А.Ф. Павловим. Показником точності технологічного процесу відновлення деталей є різниця між фактичним і номінальним значенням параметрів за їхніми відділами ймовірностей (ГОСТ 15895-77), а показником стабільності технологічного процесу - середнє квадратичне відхилення контрольованого параметра. За технічним вимогам допуски на розміри шатунних і корінних шийок колінчастих валів при відновленні, як і при виготовленні нових, становлять $+0 - 0,015$ мм, овальність і конусність - 0,01 мм.

Діаметр шатунних шийок основного розміру 88 мм, ремонтних розмірів менше на 0,25 мм в порівнянні з кожним попереднім. Діаметр першого ремонтного розміру 87,75, а шостого ремонтного розміру 86,50 мм. Точність

шліфування визначається властивістю технологічного процесу забезпечувати відповідність поля розсіювання розмірів заданому полю допуску та його розташуванню, а стабільність шліфування - здатністю технологічного процесу забезпечувати на кожній операції протягом певного часу збереження в заданих межах положення центру групування і величини розсіювання розмірів. З метою з'ясування причин відхилення розмірів при шліфуванні колінчастих валів двигунів ЯМЗ-238НБ виконано вимір шатунних шийок першого (Р1) і шостого (Р6) ремонтного розміру. Для контролю прийняті саме шатунні шийки як більш схильні до відхилень за розміром, овальної, перекосу і від паралельності по відношенню до корінних шийок. Зазначений вибір ремонтних розмірів (Р1) і (Р6) Зроблений з таких міркувань: шліфуванню на перший ремонтний розмір передуює більш точний вал, ніж вал, неодноразово піддається відновленню шліфування за весь період експлуатації. В процесі експлуатації і багаторазового відновлення шліфуванням під ремонтні розміри відбувається накопичення дефектів і спотворень геометричних параметрів. Таким чином враховувалася спадковість як експлуатаційна, так і технологічна. Виміри проводилися важеля скобою з ціною поділки 0,002 мм в двох площинах в місцях найбільшого і найменшого значення діаметрів. Всього виконано 272 вимірювання, в тому числі по 80 на валах першого і шостого ремонтного розміру і 60 вимірювань у валів основного розміру, що мають певну напрацювання і надійшли на ремонт.

Граничне зменшення діаметра корінних та шатунних шийок із збереженням достатніх глибини загартованого шару та жорсткості колінчастого валу в процесі їх ремонту може допускатися до 4 мм.

Так як для ремонтних вкладишів, що випускаються заводом, зменшення діаметра шийок валу розраховане лише до 1,5 мм, то для всіх ремонтних розмірів шийок, що мають більше зменшення, необхідно виготовляти спеціальні вкладиші. При цьому вкладиші для шийок, зменшеним діаметром до 2,5 мм включно, слід виготовляти зі зношених вкладишів ремонтного розміру „-1,25” або „-1,5”, шляхом перезаливання їх та подальшої механічної обробки. Застосовувати для цієї мети треба саме вкладиші ремонтного розміру "- 1/25"

або "-1,5", а не інші, тому що вони мають максимальну товщину сталеві основи і тому забезпечать мінімальну товщину бабітового шару, що дуже важливо з точки зору підвищення їх працездатності. Для шийок, зменшених більш ніж на 2,5 мм, слід виготовляти товстостінні вкладиші зі сталеві труби, залитої бабітом (відцентровим способом) з таким розрахунком, щоб товщина шару бабіта на них була в межах 0,25-0,4 мм.

Якщо виходити з максимальної величини допустимого зносу шийок до перешліфування на новий ремонтний розмір 0,2-0,25 мм і припуску на шліфування 0,25 мм, то нормальний ремонтний інтервал по шийках колінчастого валу складе 0,5 мм.

При цьому треба враховувати, щоб при поточному середньому ремонті двигуна під час міжремонтного циклу проводиться принаймні одна заміна вкладишів без обробки шийок валу.

Таким чином, шийки колінчастого валу можуть мати до восьми ремонтних розмірів.

Для експлуатаційної заміни при поточному або середньому ремонті в запасні частини випускаються вкладиші лише для стандартних розмірів шийок (вкладиші, зменшені на 0,05 мм та 0,30 мм).

З метою забезпечення можливості експлуатаційної заміни вкладишів також після кожного капітального ремонту рекомендується шліфувати шийки валу на 0,05 мм.

Наприклад, для першого ремонтного розміру шліфувати їх до діаметрів: 51,05-0,025 мм - для шийок шатунних і . 63,55 - 0,025 мм для корінних.

При цьому кожен ремонтний розмір вкладишів (наприклад, для парного розміру шийок „-0,5”) може бути використаний двічі: перший раз з прокладкою товщиною 0,10 мм, що встановлюється у роз'ємі кришки з основою підшипника, при поточному чи середньому ремонті (після пробігу 40— 50 тис. км) без прокладки, що забезпечить необхідне зменшення зазорів у підшипнику і таким чином збільшить пробіг автомобіля до капітального ремонту. У жодному разі не можна при цьому обмежуватися лише вилученням з підшипників

прокладок та підтяжкою їх: вкладиші повинні обов'язково замінюватись після таких пробігів новими.

Перешліфовуватися повинні, як правило, всі шатунні або всі корінні шийки, або ті й другі під той самий ремонтний розмір; при цьому ремонтний розмір шатунних шийок може не збігатися з ремонтним розміром корінних шийок. Після шліфування шийки повинні поліруватись.

Перед шліфуванням шийок необхідно: а) перевірити вал на погнутість і, якщо це необхідно, виправити його, домагаючись при цьому щоб биття середніх корінних шийок не перевищувало 0,05 мм загальних показань індикатора; при зазначеній перевірці вал кладеться крайніми корінними шийками на призми; б) поглибити фаски на кромках масляних каналів з таким розрахунком, щоб їх ширина, після зняття всього припуску на шліфування, була в межах 0,8 - 1,2 мм; робити це треба за допомогою наждакового каменю з кутом при вершині в 60-90 °, що приводиться в обертання електродрилем.

Шліфування шийок рекомендується проводити на спеціальних верстатах типу ЗН-42 або 3443 Харківського верстатобудівного заводу імені Молотова. Спочатку шліфують корінні шийки, а потім шатунні. За бази при шліфуванні корінних шийок беруть: шийку під маточину шківів колінчастого валу на його передньому кінці і циліндричну поверхню фланця для кріплення маховика на задньому кінці валу. На ці поверхні щільно насаджують спеціальні фланці склянки, в дні яких є центрові отвори осі посадкових поверхонь фланців. Тільки при такому базуванні може бути отримана необхідна концентричність шийки під розподільну шестірню і фланця для кріплення маховика щодо осі-корінних шийок.

Слід мати на увазі, що використовувати при шліфуванні корінних шийок як бази кінчні фаски у отворів під храповик (на передньому кінці валу) і під підшипник направляючого кінця ведучого валу коробки передач (на задньому кінці вала) в жодному разі не можна, тому що вони для цього зовсім не призначені. При базуванні валу по цих поверхнях можна отримати значне биття шийки під розподільчу шестерню і фланця маховика щодо осі корінних шийок,

що неминуче призведе до шумної роботи розподільних шестерень і збільшення дисбалансу колінчастого валу в зборі з маховиком з усіма звідси, що впливають звідси.

При шліфуванні шатунних шийок за основи беруть корінні шийки; при цьому відстань між осями корінних та шатунних шийок витримується в межах $55 + 0,1$ мм для валів двигунів ГАЗ-51 та ЗІМ-12 та в межах $50 + 0,1$ мм для валів двигунів М-20 та ГАЗ-69. при цьому в спеціальні затискачі-кронштейни (центр змішувачі) і затискається кришкою. Щоб усунути вібрації верстата та дії односторонньо спрямованих сил, вал слід обов'язково збалансувати врівноважуючими вантажами, встановленими на задніх планшайбах передньої та задньої бабок верстата. Шліфування шатунних шийок треба вести дуже обережно, остерігаючись збільшення їх ширини: шліфувальний камінь при цьому не повинен торкатися буртів шийок. В іншому випадку осьовий зазор шатуна буде надмірно великий і шатуни стукатимуть. Перехід до галтель потрібно робити гладким, без уступів. Радіус жолобників повинен бути в межах 1,2-2 мм на колінчастих валах двигунів ЗІМ-12, М-20 і ГАЗ-69 і в межах 1,2-3 мм на колінчастому валу двигуна ГАЗ-51. У процесі ремонту необхідно витримувати:

1) допуск на діаметр як корінних, так і шатунних шийок-не більше-0,025 мм від номіналу, а еліптичність і конусність їх-не більше 0,012 мм;

2) кутове розташування шатунних шийок-в межах $\pm 0^\circ 15$ від теоретичного;

3) на паралельність осей шатунних шийок з віссю корінних-не більше 0,02 мм на довжині шатунної шийки;

4) биття середніх корінних шийок, шийки під розподільчу шестерню і циліндричної поверхні фланця під маховик при провертанні валу, покладеного крайніми корінними шийками на призми, не більше:

для середніх корінних шийок 0,03 мм

для шийки під розподільчу шестерню 0,03

для циліндричної поверхні фланця маховика 0,04

Після ремонту колінчастий вал слід ретельно промивати, масляні канали—очищати від абразивів і смолистих відкладень з допомогою металевого йоржа і гасу. Особливо ретельно це очищення треба проводити в колінчастих валах двигунів М-20 і ГАЗ-69, в яких масляний канал на шляху від корінної шийки до шатунної тричі змінює свій напрямок; пробки грязеуловлювачів повинні при цьому обов'язково викручуватися. Після очищення грязеуловлювачів і каналів необхідно знову загорнути пробки на місце і зачорнити кожен з них для запобігання мимовільному вивертанню.

Масляні канали слід очищати також при середньому ремонті двигуна, коли колінчастий вал виймається з нього у зв'язку із заміною вкладишів корінних підшипників, сальників колінчастого валу або з будь-яких інших причин.

Очищення масляних каналів і особливо грязі уловлювачів безпосередньо на двигуні не рекомендується внаслідок того, що канали при цьому будуть закриті з одного боку корінними підшипниками і бруд тому не може бути повністю видалений з них. Більше того, вона у вигляді твердих частинок накопичиться в глухих кутах масляних каналів у корінних шийок і в перший же момент роботи двигуна буде частково занесена в шатунні підшипники, в результаті чого їх вкладиші можуть бути виведені з ладу.

1.5 Аналіз якості поверхні

Контроль якості покриття проводиться після шліфування. Одним з головних критеріїв визначення якості поверхні являється шорсткість. Вона визначається як сукупність мікронерівностей з відносно малими кроками, що утворюють рельєф реальних поверхонь. Мікронерівності формуються в процесі механічної обробки внаслідок впливу різального інструменту на оброблюваний матеріал. Профіль і розміри сліду на обробленій поверхні деталі при копіюванні форми вершини і різальних крайок інструментів, обумовлюється певним

поєднанням головного руху і руху подачі. По відношенню до напрямку руху різального інструмента прийнято розрізняти два види шорсткості: подовжню і поперечну. Профіль поверхні, виміряний в напрямку робочої подачі, називається поперечною шорсткістю, а в напрямку головного руху різання – подовжньою. У зв'язку з тим, що такі фактори, як геометрична форма різального інструменту і величина подачі, відображаються тільки на поперечній шорсткості, розміри поперечної шорсткості зазвичай в два-три рази перевищують подовжню шорсткість. Тому оцінку величини шорсткості поверхні зазвичай проводять на підставі вимірювання поперечної шорсткості. При деяких методах обробки (торцеве фрезерування, шліфування, доведення і ін.) подовжня і поперечна шорсткості мають однакові значення і можуть вимірюватися в обох напрямках. При певних умовах обробки, зокрема при виникненні значних вібрацій або високого ступеня пластичної деформації поверхневого шару металу, подовжня шорсткість може різко зрости і перевищити поперечну шорсткість. Тому в подібних випадках оцінку шорсткості поверхні слід проводити на підставі замірів не поперечної, а подовжньої шорсткості.

Для вимірювання і запису шорсткості обробленої поверхні використовують профілографи-профілометри. В більшості випадків для досліджень використовували профілограф-профілометр мод. 201, який є високочутливий вимірювальний прилад для визначення шорсткості і хвилястості поверхні виробів зі сталі, чавуну, кольорових металів і сплавів, а також неметалевих деталей.

Дія приладу побудована на принципі обмацування досліджуваної поверхні алмазною голкою з дуже малим радіусом заокруглення і перетворення коливань голки в зміну напруги індуктивним методом. Радіус заокруглення голки складає $0,01+0,002$ і $0,002+0,002$ мкм і вибирається в залежності від шорсткості вимірювальної поверхні. Визначення шорсткості поверхні проводиться за допомогою: а) запису в збільшеному масштабі електротермічним способом на електротермічному папері в прямокутних

координатах профілю мікронерівностей поверхні в межах $Ra\ 5\ \dots\ 0,04$ мкм включно ГОСТ 2789-73; б) показами стрілочного приладу по параметру Ra (середнє арифметичне відхилення мікронерівностей від середньої лінії профілю) в межах $5\ \dots\ 0,02$ мкм. Прилад дозволяє проводити перевірку плоских, циліндричних, конічних та інших поверхонь, як зовнішніх, так і внутрішніх, перетин яких в площині вимірювання складає пряму лінію. Прилад дає можливість проводити вимірювання з різними величинами базової довжини, тобто з відсіченням нерівностей з кроками в межах встановлених базових довжин 0,08; 0,25; 0,8 і 2,5 мм при довжині траси інтегрування 1.6; 3.2 і 6 мм. Можливість перевірки з різними довжинами траси інтегрування значно розширює експлуатаційні можливості приладу. Найбільша довжина ходу давача (при запису) може бути встановлена до 40 мм що дозволяє проводити перевірку хвилястості з великим кроком. Крім цього ламповий підсилювач з дуже низьким коефіцієнтом шумів дозволяє забезпечувати вертикальне збільшення в межах 1000, 2000, 4000, 10000, 20000, 40000, 100000 і 200000, а також горизонтальне збільшення від 2 до 4000 (18 ступенів). Недоліком є неможливість оцифрування отриманих результатів і подальшої їх обробки за допомогою ПК.[1]

Напилений шар має бути металево матовим, обов'язково без жовтого кольору. Жовтий або коричневий колір покриття з'являється під час перегріву і поганій якості покриття. Після огляду покриття на дефекти потрібно провести дослідження за допомогою спеціального обладнання твердомірів.



Рисунок 1.4 - Твердомір

Твердоміри поділяються на декілька категорій по шкалі вимірювання:

для м'яких деталей використовують твердоміри з шкалою Шора або Бринеля, по цьому методу під мікроскопом вимірюють глибину і діаметр отпечатка шарика вдавненого в матеріал;

для середніх по твердості використовують твердоміри з шкалою Роквелла, в цьому методі вимірюють глибину вдавнення індентора в матеріал;

для самих твердих твердоміри з шкалою Віккерса, вимірювання проводиться вдавлюванням чотиригранної алмазної піраміди в матеріал, вимірюється діленням навантаження на площу поверхні отриманого пірамідального відбитка.

2. Методика досліджень та обладнання

2.1 Методика досліджень

Методикою передбачено визначення впливу факторів та режимів напилення на якість оброблюваної поверхні. Вибір режимів шліфування корінних та шатунних шийок та їх вплив на якість оброблюваної поверхні.

Технологічний процес відновлення корінних та шатунних шийок включає в себе такі етапи:

- Напилення шару металу на корінні та шатунні шийки порошковим металізатором 5MP-II.
- Шліфування корінних та шатунних шийок на круглошліфувальному верстаті 3A423;

2.2 Установка для напилення

Для відновлення корінних та шатунних шийок була вибрана методика газополуменевого напилення, що забезпечує найбільшу економічну ефективність і найменші трудовитрати. Газополуменеве напилення порошків здійснюється при невисоких температурах частинок, що в свою чергу не дозволяє деталі нагріватись більш ніж 150°C.

Напилення має ряд переваг за рахунок підбору порошка можливо збільшити жаростійкість, зносостійкість, корозійну та ерозійну стійкість. Зі збільшенням товщини напилюваного шару понад 1,0 мм міцність покриття зменшується, тому найкраще застосовувати покриття не більше 0,9мм. Головною перевагою методу газополуменевого напилення являється мінімальне нагрівання деталі при нанесенні покриття, завдяки цьому деталь не зазнає деформації, не змінює структуру та не знижує втомну міцність.

Порошки для напилення виготовляють з високоякісних металічних самофлюсуючих матеріалів, які поділяються на дві великі групи:

- 1) Порошки на основі нікеля, нікель-хром-бор-кремній;
- 2) порошки на основі кобальта, хром-вольфрам-кобальт-сплави;

Головними властивостями які дають суміші порошоків це висока твердість, гладкість і рівність поверхні. Напилений шар може витримувати такі ж навантаження як і основний матеріал деталі.

Для напилення підібраний порошок металізатор з гравітаційною подачею порошка 5MP-II рис.1.3.

Завдяки регуляторам рис.1.3 (2,3) є можливість достовірно виставити подачу кисню, аргону і напилюваного порошка.

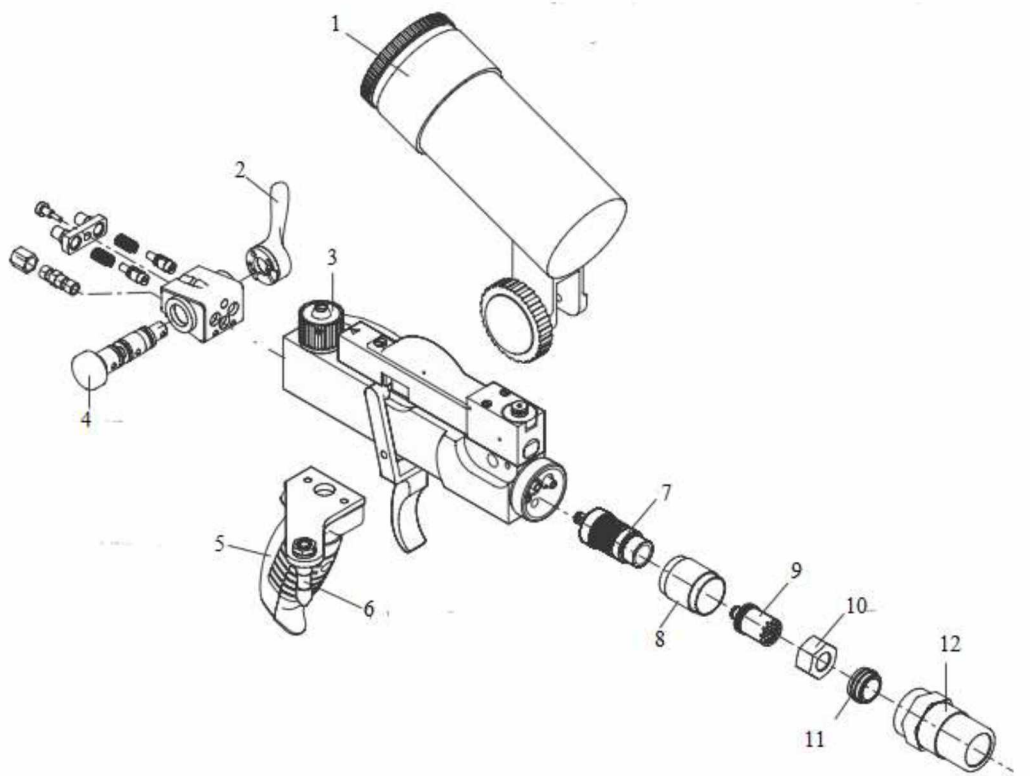


Рис. 1.5 - Порошковий металізатор 5MP-II

1 – бак для порошка; 2 – ручка клапана подачі газів; 3 – контроль подачі порошка; 4 – клапан подачі газів; 5 – ручка напилювача; 6 – кріплення інструменту; 7 – сіфон; 8 – муфта; 9 – насадка; 10 – гайка насадки; 11 – повітряний клапан; 12 – корпус повітряного клапана.

Для використання порошкового металізатора 5MP-II потрібна установка рис.1.4, дана установка може робити при максимальній температурі в 3100°C з швидкістю частинок до 50 м/с і має продуктивність 35-150 г/хв.

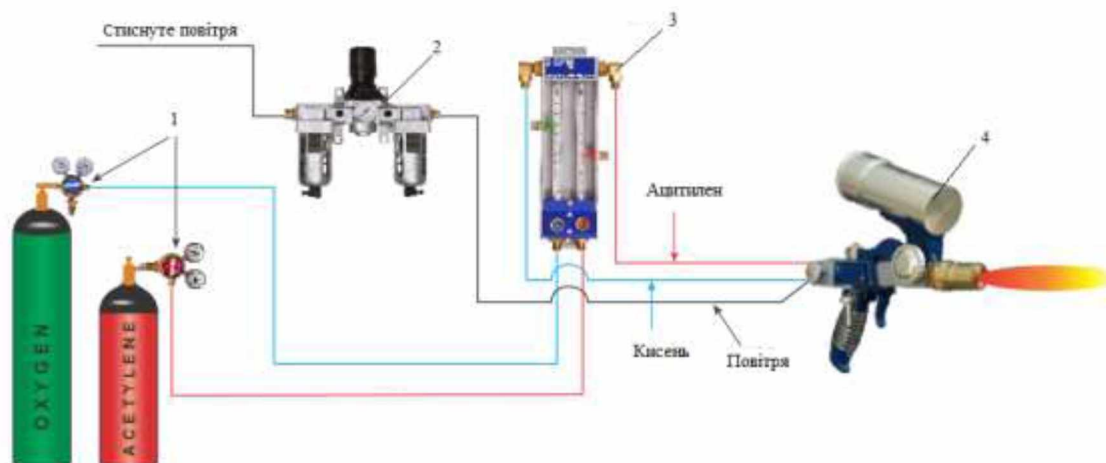


Рис. 1.6 - Установка для газополуменевого напилення
ємності з робочими газами, 2) блок управління повітрям; 3) блок
ротаметрів; 4) порошковий металізатор.

При підборі порошка для напилення використовують такі властивості порошків: карбід вольфраму з кобальтом має найбільшу зносостійкість в умовах абразивного тертя, для підвищення жаростійкості використовують напилення вольфраму, сплавів нікелю та кобальта. Для нанесення на деталь порошок потрібно просушити при температурі 150-200°C тривалістю 2-3 години. Підчас просушування рекомендується проводити перемішування. Порошок для нанесення підбирається виходячи з хімічного складу самої деталі. Так як порошки притягують до себе вологу з повітря їх потрібно зберігати в герметичній ємності. Основною характеристикою для напилення, є мінімальний і максимальний розмір частинок, їх форма і схильність до адгезії. Недотримання послідовності і умов напилення може призвести до відділення чи розтріскування нанесеного шару. При проведенні дослідів на міцність і появі тріщин та сколів, колінчастий вал проточується і процес нанесення покриття

Прилад дозволяє проводити вимірювання на самих деталях маса яких не менше 2 кг.

Основні технічні характеристики:

Діапазони вимірювання по твердості по шкалам:

Роквелла (20-70) HRC

Брінелля (100-450) HB

Віккерса (150-950) HV

Таблиця 1.3 - Межі допустимої похибки прилада при його повірці по еталонним мірам твердості другого розряду:

Тип вимірювання твердості	Шкала твердості	Значення твердості еталонної міри	Максимально допустима похибка прилада
МТР ГОСТ 9031-78	HRC	25±5 45±5 65±5	±3HRC
МТБ ГОСТ 9031-78	HB	100±25 200±50 400±50	±5% ±3% ±3%
МТВ ГОСТ 9031-78	HV	450±50 800±75	±5% ±5%

Час одного вимірювання, 2с

Визначення значення твердості при кількості вимірів 5

Шорсткість контролюємої поверхні, не більше, R=2,5

Діапазон робочих температур, -5...+40 °С.

2.4 Шліфувальний верстат

Шліфування шийок колінчастого валу проводиться, якщо вимірювання твердості напиленого шару відповідає нормам, шліфування проводиться на круглошліфувальному станку 3A423 рис 1.8.

При обробці порошкових покриттів стійкість інструменту набагато менша, ніж при обробці монолітних матеріалів з такими ж механічними властивостями та хімічним складом. Це пов'язано зі специфікою формування покриття, особливостями його структури та властивостей (структурна неоднорідність матеріалу, шлаки та тверді включення, значний окисний шар на поверхні та всередині матеріалу, пори, тріщини). Внаслідок цього при абразивній обробці напилених покриттів спостерігаються значні коливання сил різання, погіршення контактних навантажень на інструмент, прискорення його зносу.[2]

Для визначення закономірностей зміни розмірів колінчастого валу та стабільності технологічного процесу шліфування валів при їх відновленні застосовано дослідно-статистичний метод із перетвореним алгоритмом розрахунків, запропонованим А.Ф. Павловим [3].

Показником точності технологічного процесу відновлення деталей є різниця між фактичним та номінальним значенням параметрів щодо їх розподілу ймовірностей (ГОСТ15895-77), а показником стабільності технологічного процесу - середнє квадратичне відхилення контрольованого параметра [4].

Точність шліфування визначається властивістю технологічного процесу забезпечувати відповідність поля розсіювання розмірів заданому полю допуску та його розташування, а стабільність шліфування - здатністю технологічного процесу забезпечувати на кожній операції протягом певного часу збереження в заданих межах положення центру групування та величини розсіювання розмірів [5].

Вказаний вибір ремонтних розмірів (P_1) та (P_6) зроблено з таких міркувань: шліфування на перший ремонтний розмір передує більш точний вал, ніж вал, який неодноразово піддається відновленню шліфуванням за весь період експлуатації. У процесі експлуатації та багаторазового відновлення шліфуванням під ремонтні розміри відбувається накопичення дефектів та спотворень геометричних параметрів. Таким чином враховувалася спадковість експлуатаційна і технологічна [6].

Для обробки ряду отриманих числових величин та побудови кривих розподілу для оцінки відповідності ймовірності експериментального розподілу теоретично використані формули, згруповані в «дужки Гауса». За умовами прийнятого до розрахунку методу всі числові значення змінень X ; перетворені на цілі числа V_i , прибрано десяткову кому і віднято постійні числа з кожного X_i . Стосовно шатунних шийок колінчастих валів двигунів ЯМЗ-238НБ постійні числа рівні для розміру першого ремонтного ($P_1 = 87,750 \pm 0,015$) - 87, а для розміру шостого ремонтного ($P_6 = 86,500 \pm 0,015$) - 86. Таким чином, маємо для числового ряду першого ремонтного розміру $V_i = (x_i - 87) \cdot 10^3$, а для шостого ремонтного розміру - $V = (x; - 86) \cdot 10^3$. Перетворені числа повинні містити не менше двох і трохи більше чотирьох десяткових знаків. Зворотне перетворення чисел виконується з виразів $X_i = 87 + 10^3 \cdot V_i$ і $X_i = 86 + 10^3 \cdot V_i$.

При роботі обладнання, налаштованого на технологічну операцію, розподіл відхилень розмірів деталей підпорядковується нормальному закону розподілу ймовірностей Гауса [5].

При виборі режиму шліфування потрібно враховувати, що збільшення поперечної подачі збільшує продуктивність верстата, але визиває збільшене зношування шліфувального круга, погіршує чистоту і точність шліфування.

При попередньому шліфуванні використовуються великі подачі круга і малі швидкості обертання деталі, при чистовому шліфуванні – малі подачі круга і відносно великі швидкості обертання.

Швидкість обертання деталі і величина поперечної подачі визначається матеріалом оброблюємої деталі, характеристикою використовуємого шліфувального круга, потрібною частотою і точністю шліфування.

При виборі круга враховуються такі фактори:

Концентрація алмазного порошка – ваговий вміст алмазів в одиниці об'єму алмазного слою. Одиницею виміру алмазу являється карат (ct), $1\text{ct}=0,2\text{г}$.

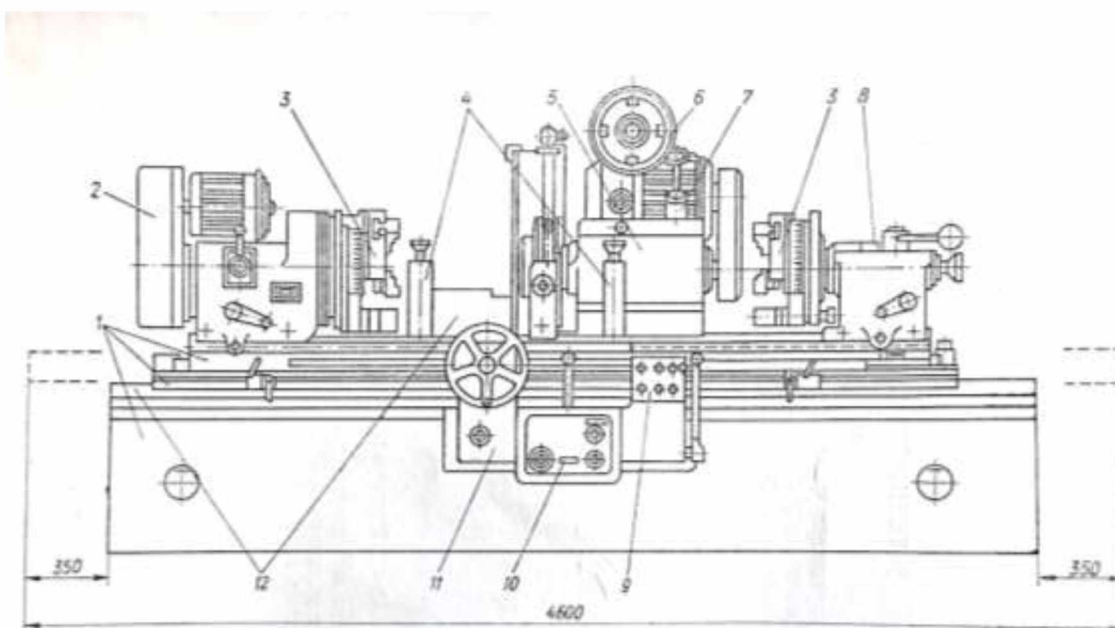


Рис. 1.8 Круглошліфувальний станок ЗА423: 1 – станина і столи; 2 – передня бабка; 3 – патрони; 4 – люнети; 5 – шліфувальна бабка; 6 – механізм поперечної подачі шліфувальної бабки; 7 – механізм осевого переміщення шпінделя шліфувальної бабки; 8 – Задня бабка; 9 – електрообладнання; 10 – гідравлічне управління; 11 – механізм ручного переміщення столу; 12 – захиста.

Відносна концентрація алмазів являється однією з самих важливих характеристик алмазного інструменту, визначаючих його ріжучі властивості, продуктивність, срок служби і вартість.

Розміри і форма стружки залежить від форми і розміщення вершин зерен на робочій поверхні круга і кінематики процесу. Процес різання під час шліфування супроводжується ковзанням вершини зерна по дузі контакту. Це зумовлює тертя, пружнопластичну і пластичну деформації поверхневого шару заготовки. При критичному співвідношенні глибини проникнення до радіуса округлення вершини зерна відбувається перехід від пластичного деформування до зрізування мікростружки. Так як шліфування відбувається з великою швидкістю різання і високим тиском у зоні контакту зерен з поверхнею оброблюваного матеріалу, то воно супроводжується виділенням великої кількості теплоти. При цьому температура в зоні різання може досягати до 1000...1500°C, що зумовлює істотний вплив на фізико-хімічні, механічні та експлуатаційні властивості обробленої поверхні. Для усунення проблем пререгрівання деталі потрібно використовувати інтенсивне охолодження. [7]

Сили різання при шліфуванні:

Енергія шліфування витрачається на деформацію шару, який зрізується і подолання сил тертя, які виникають між абразивним інструментом і оброблюваною поверхнею.

У процесі шліфування на заготовку діє сила різання P , яка може бути розкладена на три складові рис.1.9: дотичну (головну) P_z , радіальну P_y і осьову P_x .

Так як абразивні зерна мають значні радіуси закруглення ρ , великі відємні передні кути, а товщина зрізу мала, то радіальна складова P_y в 1,5...3 рази більша головної складової сили різання.

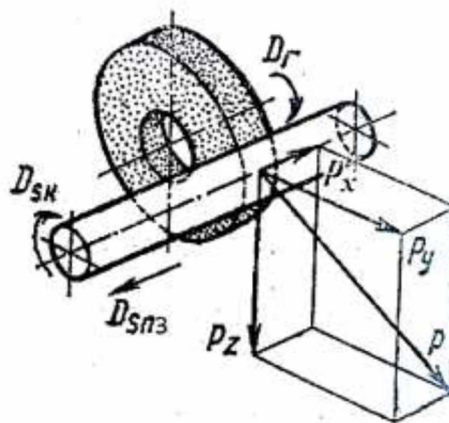


Рис.1.9 Схема сил які діють при круглому шліфуванні

Головна (тангенціальна) складова P_z визначає потужність різання. Радіальна складова P_y зумовлює пружні деформації технології системи, значно впливає на точність і якість оброблення та вібростійкість процесу шліфування. Потужність різання N , кВт, при шліфуванні дорівнює:

$$N = \frac{P_z \cdot v_k}{1000} \quad (2.1)$$

де: v_k - швидкість різання при шліфуванні, м/с;

$$v_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60} \quad (2.2)$$

де: n_k - частота обертання круга, хв^{-1} ;

Для зовнішнього і внутрішнього круглого шліфування конструкційних сталей і чунів потужність різання визначається за емпіричною формулою

$$N = C_N \times S_{nз} \times v_z^{0,7} \times S_{non}^{0,7}, \quad (2.3)$$

де: C_N - коефіцієнт, який враховує умови шліфування;

$S_{nз}$, S_{non} - повздовжня і поперечна подачі;

v_z - швидкість обертання заготовки, м/хв.

З метою з'ясування причин відхилення розмірів при шліфуванні колінчастих валів двигунів ЯМЗ-238НБ виконано вимір шатунних шийок першого (Р1) та шостого (Р6) ремонтного розміру.

Навмисні вибірки становили за кожен ремонтний розмір по десять колінчастих валів. Крім цього виконано вимірювання шатунних шийок 15 валів основного розміру, що надійшли на ремонт після певного напрацювання. Контролювали чотири шийки кожного валу, по дві, що відповідають правому та лівому ряду двигуна.

Для контролю прийняті саме шатунні шийки як більш схильні до відхилень за розміром, овальністю, перекосом і від паралельності по відношенню до корінних шийок [3].

Зазначений вибір ремонтних розмірів (P_1) і (P_2) зроблено з таких міркувань: шліфування на перший ремонтний розмір передують точніший вал, ніж вал, що неодноразово піддається відновленню шліфування за весь період експлуатації. У процесі експлуатації та багаторазового відновлення шліфуванням під ремонтні розміри відбувається накопичення дефектів та спотворень геометричних параметрів. Отже враховувалася спадковість як експлуатаційна, і технологічна [6].

Вимірювання проводилися важільною скобою з ціною поділки 0,002 мм у двох площинах у місцях найбільшого та найменшого значення діаметрів.

Всього виконано 272 вимірювання, у тому числі по 80 на валах першого і шостого ремонтного розміру і 60 вимірювань у валів основного розміру, що мають певний напрацювання і надійшли на ремонт.

Розрахунок середнього арифметичного значення та середньоквадратичного відхилення 80 вимірювань шатунних шийок, випадкової вибірки колінчастих валів, виконаний дослідно-статистичним методом. Особливість методу полягає в представленні алгоритму алгебри алгоритму розрахунків, який зведений до простих і зручних формул, що дозволяє легко програмувати розрахунки на будь-яких ЕОМ.

Для обробки ряду отриманих числових величин та побудови кривих розподілу, для оцінки відповідності ймовірності експериментального розподілу теоретично використані формули, що згруповані у «дужки Гауса». За умовами прийнятого до розрахунку методу всі числові значення вимірів X ; перетворені

на цілі числа V_i , прибрана десяткова кома і віднято постійні числа з кожного X_i . Стосовно шатунних шийок колінчастих валів двигунів ЯМЗ-238НБ постійні числа рівні для розміру першого ремонтного ($P_1=87,750\pm 0,015$) — 87, а для розміру шостого ремонтного ($P_1=86,500\pm 0,015$) — , першого ремонтного розміру $V_i=(x_i-87)\cdot 10^3$, а для шостого ремонтного розміру — $V_i=(x_i-86)\cdot 10^3$. Перетворені числа мають містити щонайменше двох і трохи більше чотирьох десяткових знаків. Зворотне перетворення чисел виконується з виразів $x_i=87+10^3\cdot V$, $x_i=86+10^3\cdot V_i$.

Працюючи устаткування, налаштованого технологічну операцію, розподіл відхилень розмірів деталей підпорядковується нормальному закону розподілу ймовірностей Гаусса [5].

Для обробки ряду отриманих числових значень та побудови кривих розподілу з розрахунком x — квадрата для оцінки ймовірності відповідності експериментального розподілу теоретичному застосовані формули з використанням перетворених чисел.

Середнє арифметичне значення (центру розсіювання):

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (2.4)$$

де n — число значень (у даному випадку дорівнює числу вимірів 80);

V_i — перетворені числа.

Середньоквадратичне значення:

$$\overline{V^2} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{n}, \quad (2.5)$$

Різниця середньоквадратичного значення:

$$[V^2] = \overline{V^2} - (\bar{V})^2, \quad (2.6)$$

де $(\bar{V})^2$ — квадрат середньоарифметичного значення.

Середньоквадратичне відхилення (розсіювання)

$$S = \sqrt{\frac{n \cdot [V^2]}{n-1}}, \quad (2.7)$$

Число класів (інтервалів)

$$K = E \cdot (\lg 12), \quad (2.8)$$

де E — ціла частина числа N . Ширина класів

$$\Delta = E \cdot \left(\frac{65}{K} - 0,5 \right). \quad (2.9)$$

Середня класів

$$\bar{V}_0 = E \cdot (\bar{V} + 0,5 - H \cdot \left(\frac{K \cdot \Delta}{2} \right)) + H \cdot \left(\frac{K \cdot \Delta}{2} \right); \quad (2.10)$$

де H — дробна частина числа N . Початок класів

$$V_0 = \bar{V}_0 - \frac{K \cdot \Delta}{2}, \quad (2.11)$$

$$V_{(m)\min} = V_0 + (m-1) \cdot \Delta. \quad (2.12)$$

Границі m класа ($m=1, \dots, K$);

$$V_{(m)\max} = V_{(m)\min} + (\Delta - 1). \quad (2.13)$$

Середина m класа

$$\bar{V}_{(m)} = V_{(m)\min} + \frac{\Delta}{2}. \quad (2.14)$$

Підрахунок P_m — кількість V_i , попавших в середину m класа, по умови

$$V_{(m)\min} \leq V_i \leq V_{(m)\max}. \quad (2.15)$$

Теоретична висота середини m класа при нормальному розподілі

$$g_m = e^{-\frac{z^2}{2}}, \quad (2.16)$$

$$\text{де } z = \frac{V_{(m)} - \bar{V}}{S}. \quad (2.17)$$

Номінуючий множник

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^k g_m}{n}. \quad (2.18)$$

Теоретична повторюваність

$$P_m = \frac{g_m}{C} \quad (2.19)$$

Теоретичне відхилення (розкидання) ординати

$$a_m = \pm \sqrt{C \cdot g_m}. \quad (2.20)$$

Сума квадратів теоретичних відхилень

$$W_{\text{т}} = C \cdot \sum_1^K g_m \quad (2.21)$$

Експериментальна висота (ордината), нормована середина m стовпчика гістограми

$$h_m = C \cdot P_m \quad (2.22)$$

Сума квадратів експериментальних відхилень

$$W = C \sum_1^K (h_m - g_m)^2 \quad (2.23)$$

Розрахунок ймовірності $P(\chi^2, \nu)$ існування відповідності експериментального розподілу теоретичному виконується за χ -квадрат і числом ступенів свободи. За умовами досвіду $n=80$, класів за виразом (5) $K=7$. Тоді число ступенів свободи $\nu=7-1=6$. При числі ступенів свободи, що дорівнює 6.

$$P(\chi^2, 6) = e^{-\frac{\chi^2}{2}} \cdot \left(1 + \frac{\chi^2}{2} + \frac{(\chi^2)^2}{8}\right) \quad (2.24)$$

За результатами 80 вимірювань шатунних шийок колінчастих валів, шліфованих під шостий ремонтний розмір, обчислені перетворені числа $\nu=(x-86)$ 10 m -го класу, середньоквадратичні значення та їх розсіювання, ширина класів, межі та середина класів, теоретична висота. На основі результатів розрахунків побудовані криві розподілу ймовірностей (рис. 1.10).

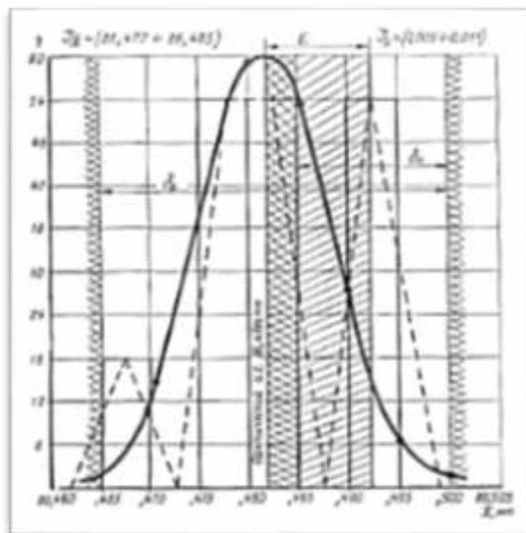


Рис. 1.10 — Криві розподілу розмірів шатунних шийок

При статистичній обробці результатів вимірювань шатунних шийок колінчастих валів двигунів ЯМЗ-238НБ з використанням програми «Excel» отримані наступні результати. Сума квадратів теоретичних відхилень розмірів шатунних шийок, шліфованих під шостий ремонтний розмір, $W_0=0.1143527$, а експериментального відхилення 0.067502496 , нормуючий множник $C=0.03780753$. Імовірність відповідності гістограми (Рис.1.10) нормальному розподілу $P(x^2 \cdot 6)=66\%$. Середнє значення або центр розсіювання шатунних шийок шостого ремонтного розміру становив $86,49255$ мм, після шліфування – $86,4473$ мм. Зміщення центру розсіювання від середнього розміру меншу сторону становило 0.015 мм. Після шліфування шатунних шийок під перший ремонтний розмір зміщення центру розсіювання мало менше значення $0,011$ мм.

Центри групування шатунних розмірів шийок після їх шліфування на шостий ремонтний розмір змістилися за межу поля допуску на $7,6$ мкм, а шліфованих під перший ремонтний розмір - на $3,6$ мкм, менше в два рази.

Овальність $0,02$ мм і більше шатунних шийок колінчастих валів, шліфованих під перший ремонтний розмір (P1) була у 20% , а у шліфованих на шостий ремонтний розмір (P6) - у 100% вибірки з 40 шийок. Значення овальності більше $0,025$ мм мали 5% шийок, шліфованих під P1 та 50% шийок, шліфованих під розмір P6.

Овальність шийок колінчастих валів, що надійшли на ремонт, була значно більшою. Найменше значення розміру овальності $0,05 - 0,06$ мм було лише у 12% шийок, а найбільше - $0,10 - 0,15$ мм у 46% .

При статистичній обробці результатів овальність $0,02$ мм і більше шатунних шийок колінчастих валів, шліфованих під перший. Ремонтний розмір (P1) був у 20% , а у шліфованих на шостий ремонтний розмір (P6) - у 100% вибірки із 40 шийок. Значення овальності більше $0,025$ мм мали 5% шийок, шліфованих під P1 та 50% шийок, шліфованих під розмір P6. Овальність шийок

колінчастих валів, що надійшли на ремонт, була значно більшою. Найменше значення розміру овальності 0,05 — 0,06 мм було лише у 12% шийок, а найбільше — 0,10 – 0,15 мм у 46%.

Режим різання для шліфування

Для зовнішнього і внутрішнього круглого шліфування припуски на оброблення (на діаметр) залежать від діаметра обробленої поверхні, термічного оброблення і знаходяться в межах 0,2... 1,2 мм, а плоского - 0,2...0,5 мм залежно від висоти заготовки.

Обґрунтування режиму різання для шліфування починають з вибору типу і моделі верстата, виходячи з виду шліфування, габаритних розмірів заготовки, точності розмірів і шорсткості обробленої поверхні.

Форму, розміри і характеристики абразивного круга вибирають, враховуючи форму обробленої поверхні і вид шліфування, властивості оброблюваного матеріалу, точність і шорсткість обробленої поверхні.

Після цього призначають глибину шліфування (поперечна подача круга), повздовжню і поперечну подачі заготовки та швидкість різання.

Глибину різання для круглого шліфування визначають величиною поперечної (радіальної) подачі, а для плоского шліфування — величиною вертикальної подачі шліфувальної бабки за один хід стола.

Залежно від виду шліфування і якості обробленої поверхні, глибину різання приймають: для круглого шліфування чорного 0,005...0,025 мм, а чистового 0,0025...0,015; для плоского чорного — 0,015...0,04 і чистового 0,005...0,015 мм. Повздовжня подача за один оберт заготовки для круглого шліфування, або поперечна подача за один хід стола для плоского шліфування задається в долях ширини круга і залежить від характеру шліфування і шорсткості обробленої поверхні.

Повздовжня подача складає для чорного шліфування (0,4...0,7) В, а чистового (0,2...0,4) В (де В-ширина круга) Поперечна (радіальна) подача для врізного круглого шліфування приймається на оберт заготовки 0,001...0,0075 мм/об.

Швидкість різання при шліфуванні призначають залежно від виду шліфування. Для звичайного шліфування швидкість різання обирають 30...35 м/с.

Для швидкісного шліфування швидкість різання приймають у діапазоні

$$v_{кр.} = 40...80 \text{ м/с.}$$

Частота обертання абразивного круга дорівнює (хв^{-1}):

$$n_{кр.} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot v_{кр.}}{\pi \cdot D_{кр.}} \quad (2.22)$$

Для круглошліфувальних верстатів також обирають також швидкість обертання заготовки залежно від виду шліфування і шорсткості обробленої поверхні матеріалу. Частоту обертання, заготовки визначають за формулою:

$$n_з = \frac{1000 \cdot v_з}{\pi \cdot D_з} \quad (2.23)$$

2.5 Вимірювання шорсткості поверхні

Для контролю якості поверхні після шліфування використовують профілометр, модель 253 (рис.1.11) призначений для вимірювання в цехових контрольних пунктах шорсткості поверхні виробів, переріз яких в площині вимірювання являє пряму лінію.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики профілометра цехового з цифровим відліком і індуктивним перетворювачем, модель 253

Найменування параметру	Показник
1	2
Тип профілометра	АП
Вимірювальний параметр шорсткості поверхні по ГОСТ 2789-73	Ra
Діапазон вимірювання Ra, мкм	0,02-10
Верхні межі діапазонів, мкм	0,1;1;10
Характеристики основної приведеної погрішності:	

Погрішність профілометра не повинна перевищувати вимоги ГОСТ 19300 – 73 для степені точності 2.	2
Межа допустимої сестиматичної складає:	
для діапазона 0,1 мкм для діапазона 1 і 10 мкм де Ra – значення вимірюваного параметра шорсткості, мкм Raδn – верхня межа даного діапазону вимірювання профілометра, мкм	10% $10 \cdot \frac{Ra}{Ra\delta n} \%$
Межа допустимого середнього квадратичного відновлення випадкової складової	2%
1	2
Мінімальний крок шорсткості вимірюваної поверхні, мм	0,004
Рівень шуму і внутрішньої вібрації по Ra не більше, мкм	0,01
Відсічка кроку, мм	0,25;0,8;2,5
Швидкість просування датчика, мм/с	1±0,04
Довжина траси прощупування при вимірюваннях, мм	1,5;3;6
на глибину до 20 мм	6
на глибину до 130 мм	16
Радіус кривизни вершини щупа, мкм	10±2,5

Порядок роботи профілометра:

Включити прилад в мережу.

Встановити межі вимірів. Межі вимірювання вибираються мінімальним з перевищуваних очікуваних значень Ra.

Встановити необхідні відсічку кроку. Якщо відсічка кроку не задана на кресленні контрольної деталі, то вона встановлюється виходячи з рекомендацій ГОСТ 2789 – 73 в залежності від очікуваного значення Ra.

Таблиця 1.5 - Рекомендації ГОСТ 2789 – 73

Шорсткість	Крок відсічки
Ra, мкм	1, мм
До 0,4	0,25
Більше 0,4 до 3,2	0,8
Більше 3,2	2,5

Встановити необхідну довжину траси. Довжина траси вибирається в відповідності до ГОСТ19300 – 73 в залежності від відсічки кроку.

Таблиця 1.6 - рекомендації ГОСТ 193000 – 73

Крок відсічки	Довжина траси
1, мм	L, мм
0,25	1,5;3
0,3	3;6
2,5	6

Необхідно знати, що повна довжина траси рівна $5/3$ довжини траси, вказаної на кнопках пульта, так як вона складається з попереднього ходу і траси інтегрування.

Увімкнути прилад кнопкою. Опустити датчик до положення при якому стрілка індикатора на пульта управління займе середнє положення. При роботі зі стійкою рекомендується користуватися гайкою з фіксацією гвинтом.

Натиснути кнопку пуск. Датчик повинен переміщатися по напрямленні до приводу. Щоб переконатися що привод і датчик правильно встановлені відносно вимірюваної поверхні, прослідкуйте за індикатором на всьому шляху руху датчика. Стрілка індикатора не повинна зашкалювати. У протилежному випадку необхідно уточнити установку підготовки до роботи, і повторити виміри. Після робочого ходу автоматично вимикається швидке повернення в

початкове положення, а на табло з'являється вимірне значення R_a . Якщо отримане значення може вкластися в менші межі вимірювання, необхідно переключити межі вимірювання і повторити вимірювання. Якщо на табло загорівся сигнал перевантаженн «Р», необхідно переключити межі вимірювання на більший і повторити виміри.

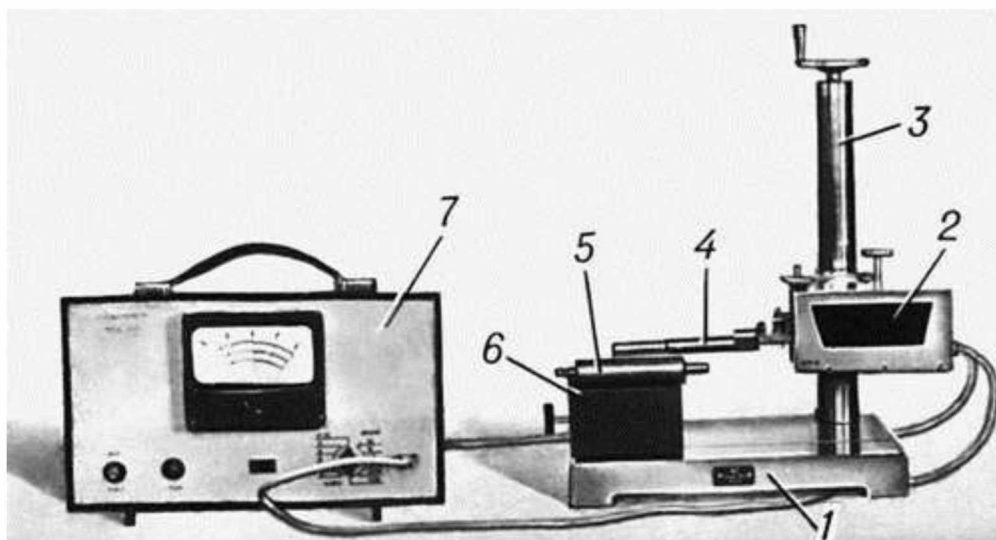


Рис.1.11 Профілометр (модель 253 заводу «Калібр»): 1 — станина; 2 — привід; 3 — стойка; 4 — датчик; 5 — деталь; 6 — вимірювальний стіл; 7 — електронний блок з показуючим пристроєм.

3. Результати теоретичних та експериментальних досліджень

3.1 Порівняльний аналіз напилюємих порошоків та шліфувальних кругів

Для напилення робочих поверхонь валів газополуменевим методом використовуються порошки марки наведені в таблиці 1.7 дані порошки дозволяють проводити нанесення шару металу без оплавлення.

Таблиця 1.7 – марки порошоків для напилення

Марка порошка	Склад, %	Твердість, НВ	Міцність щеплення не менше, МПа
ПГ-Ю5-Н	Ni+5,2Al	210	55
ПГ-Ю10-Н	Ni+9Al	170	55
ПГ-Ю-НХ15СР2	NiCr15Si3B2+1,2Al	360	55
ПГ-Ю-НХ16СР3	NiCr16Si3B3+1,2Al	380	55

При виборі оптимальної концентрації алмазу в алмазному шарі діє таке правило:

При невеликій контактній поверхні між шліфувальним кругом і оброблюваною деталлю, наприклад, при круглому шліфуванні, необхідно вибрати високу концентрацію алмазу. Завдяки цьому забезпечується зносостійкість інструменту навіть при високих навантаженнях.

Велика контактна поверхня вимагає вживання заходів щодо зниження температури шліфування та зменшення зусиль шліфування. У цьому випадку слід використовувати низьку концентрацію алмазу.

Тому був вибраний шліфувальний круг прямого профіля в виконанні СТАНДАРТ виготовлений на ЧАО 'Полтваський алмазний інструмент' 600-40 1A1 600-40-6-305 АСН 60/40 100% М2-01 даний круг має відносно невелику ціну в порівнянні з закордонними аналогами.

Також ЧАО 'Полтваський алмазний інструмент' виготовляє новий алмазний і CBN інструмент 'PREMIUM' який спеціально розроблений для заміни імпортного високопродуктивного інструменту ведучих світових виробників.

Таблиця 1.8 – Зернистість алмазних порошоків

Середній розмір зерна, мкм	Японія, JIS R6001-87	США, ANSI B74-12, B74-10	Німеччина, FEPA 32GB, 33GB	Росія, ГОСТ 9206-81 Алмази	Росія, ГОСТ 3647-80
1	2	3	4	5	6
500-2000				2500/2000	200
2000-1600		12		2000/1600	160
1600-1250				1600/1250	125
1250-1000		16		1250/1000	100
1000-800		20		1000/800	80
800-600		24		800/63	63
630-500		30	36	630/500	50
500-400		36-40	40	500/400	40
400-315		50	50	400/315	32
315-250				315/250	25
250-200		60	60	250/200	20

200-160		80	80	200/160	16
160-125		100	100	160/125	12
125-100				125/100	10
100-80		120	120	100/80	8
80-63	150	150	150	80/63	6
1	2	3	4	5	6
63-50	220-240	220-240	220-240	63/50	5
50-40	280-320	280	240-280	50/40	4
40-28	360-400	320	360	40/28	3,М40
28-20	600	400		28/20	М28
20-14	700	500	400	20/14	М20
14-10	800-1000	600-800	500	14/10	М14
10-7	1200-1500	1000	600-800	10/7	М7
7-5	2000-2500	1200	1000	7/5	М3
5-3	3000-4000		1200	5/3	М3
Менше 1	6000-8000			1/0	

3.2 Режими напилення

Напилювач дозволяє напиляти порошка до 2,7 кг/год, при цьому росхід ацетилену 13.5 – 31.5 л/хв, кисню 20 – 40 л/хв, і розхід повітря начачуємого компрессором 0.85 м3/хв при тискові 4.5 атмосфери.

Основний технологічний час газополуменевого напилення визначається за формулою (3.1):

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{np}}, \quad (3.1)$$

де L - довжина деталі, обробленої газополуменевим напиленням, мм;

i - кількість проходів для плазмового обприскування;

n - швидкість обертання деталі, хв⁻¹;

S_{pr} - поздовжній корм, мм/хв.

$$T_o = \frac{67 \cdot 2}{20 \cdot 40} = 0,17 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{33 \cdot 2}{20 \cdot 40} = 0,1 \text{ мин.}$$

$$T_o = 0,17 \cdot 2 + 0,1 \cdot 2 = 0,5 \text{ мин. (4 шийки)}$$

3.3 Режими шліфування

Щоб надати робочій поверхні деталі правильну геометричну форму і отримати необхідну шорсткість, робочу поверхню колінчастого вала шліфують на круглошліфувальному станку ЗА423. Шліфування здійснюється алмазним кругом ПАТ «Полтавський алмазний інструмент» 600-40 1А1 600-40-6-305 АСН 60/40 50% М2-01

Основний технологічний час розраховується за формулою (3.2):

$$T_o = \frac{L}{S_{np} \cdot B_k \cdot n_g} \cdot i \cdot k, \quad (3.2)$$

де L - розрахункова довжина робочого ходу інструменту, мм;

S_{pr} – поздовжній корм, мм/об/хв

B_k – ширина шліфувального круга, мм;

n_g – швидкість обертання деталі, об/хв;

i – кількість перепусток;

k - коефіцієнт, який враховує згладжування і доопрацювання при шліфуванні

$$(k = 1,5 - 1,2).$$

$$T_o = \frac{67}{0,01 \cdot 16 \cdot 200} \cdot 2 \cdot 1,3 = 5,4 \text{ мин.}$$

$$T_o = \frac{33}{0,01 \cdot 16 \cdot 200} \cdot 2 \cdot 1,3 = 2,7 \text{ мин.}$$

$$T_o = 5,4 \cdot 2 + 2,7 \cdot 2 = 16,2 \text{ (4 шийки)}$$

Швидкість обертання деталі визначається формулою (3.3):

$$n_g = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot d}, \quad (3.3)$$

де V_3 - швидкість обертання деталі, м/хв;

d – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

При шліфуванні поверхні колінчастого вала після плазмового розпилення

$L = 67$ мм ; $n_g = 200$ об / хв; $S_{pr} = 0,01$ мм/об ;

$V_k = 16$ м ; $i = 2$; $k = 1.3$.

$$n_g = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 52} = 153,1 \text{ об/мин.}$$

$$n_g = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 36} = 221,2 \text{ об/мин.}$$

(Згідно з паспортом шліфувальної машини, виберіть $n_g = 200$ об / хв.)

Надалі розраховуємо часові норми для кожної операції.

Підготовчо-заключний час включає час для підготовки до газополуменевого напилення.

$$T_{оп} = T_o + T_b \quad (3.4)$$

$$T_{пз} = 15 \text{ мин ,}$$

$$T_b = 7 \text{ мин .}$$

$$T_{оп} = 0,5 + 7 = 7,5 \text{ мин.}$$

Додатковий час складає 15% від оперативного часу (3.5):

$$T_{доп} = 7,5 \cdot 0,15 = 1,1 \text{ мин.}$$

$$T_{н2} = \frac{15}{1} + 7,5 + 1,1 = 24 \text{ мин.}$$

Операція шліфування

Норма часу на шліфувальну операцію визначається за формулою (3.6):

$$T_{н3} = \frac{T_{пз}}{n_{\theta}} + T_o + T_b + T_{тех} + T_{орг} + T_{от}, \quad (3.6)$$

Де $T_{\text{тех}}$ – час на технічне обслуговування обладнання;

$T_{\text{орг}}$ – час на організацію роботи;

$T_{\text{от}}$ – час на відпочинок.

Час на технічне обслуговування обладнання (3.7):

$$T_{\text{тех}} = \frac{T_{\text{в}} \cdot t_{\text{п}}}{T}, \quad (3.7)$$

де $t_{\text{п}}$ – глибина шліфування;

T – стійкість інструменту до правки;

$T_{\text{в}}=2$ мин ; $T_{\text{пз}}=8$ мин ; $T=90$ мин; $t_{\text{п}}=0.01$ мм;

$$T_{\text{тех}} = \frac{2 \cdot 0,01}{90} = 0 \text{ мин.}$$

(Значенням $T_{\text{тех}}$ нехтуємо)

$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} = 16,2 + 2 = 18,2$ мин.

Час на організацію виробництва складає 2% від оперативного часу:

$$T_{\text{орг}} = 18,2 \cdot 0,02 = 0,4 \text{ мин.}$$

Час на відпочинок та природні потреби складає 5% від оперативного часу

(3.8):

$T_{\text{от}} = 18,2 \cdot 0,05 = 0,9$ мин. (3.8)

$$T_{\text{нз}} = \frac{8}{1} + 18,2 + 0,4 + 0,9 = 27,5 \text{ мин.}$$

4. Рекомендації щодо реалізації розробок в виробництві

4.1 Екологічна експертиза

Внаслідок постійного використання ресурсів та великого техногенного навантаження на біосферу в нашій країні складається важка і напружена екологічна ситуація. Економіка України довгий час практично не орієнтувалася на екологічне середовище, безвідходне, енергетично доцільне виробництво. Прийшов час, коли люди дійшли до висновку, що необхідно ставити охорону навколишнього середовища на один рівень з економікою, умовами життя і здоров'ям. Екологічна концепція розвитку держави передбачає відповідний механізм її реалізації, до якого належать: економічна незалежність, правове економічне регулювання виробництва, створення ефективних засобів екологічної перевірки, створення діючої системи екологічної освіти, тощо. Для вирішення екологічних проблем потрібно, крім нинішніх законів з охорони навколишнього середовища, налагодити постійний контроль за станом довкілля, впровадити необхідні економічні стимули й штрафи, що зменшили забруднення навколишнього середовища. Потрібно впроваджувати безвідходні та енергозберігаючі технології і виробничі рішення, які приближують до мінімуму шкідливі викиди. Верховною Радою України 25 червня 1991 року прийнятий Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». у 1995 році 9 лютого прийнятий Закон «Про екологічну

експертизу». в Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» (стаття 26) розповідається про обов'язкову екологічну експертизу, суть якої полягає в системі комплексної оцінки всіх екологічних та соціально-економічних наслідків втілення нових проектів, функціонування народно-господарських об'єктів, прийняття рішень, направлених на ліквідацію їх негативного впливу на навколишнє середовище, на вирішення намічених завдань з найменшою витратою ресурсів і одержання мінімальних небажаних наслідків. Проведення екологічної експертизи базується на основі вимог «Водного» та «Земельного» кодексів України (від 6.06.95 р. та 13.03.92 р. відповідно), «Основ земельного законодавства», «Основ водного законодавства», Закону «Про охорону атмосферного повітря» (від 16.10.1992 р.) Законів України «Про власність» від 07.02.91 р. «Про інвестиційну діяльність» від 18.09.91 р. «Про систему оподаткування» від 02.02.94 р. «Про енергозбереження» від 01.07.94 р.

Виробництво не тільки залежне від стану повітряного середовища, ґрунтових вод та ґрунтів, але й активно впливає на їх стан. Викиди у атмосферу тракторів, автомобілів та іншої техніки, впливають на повітряне середовище. Гідросфера забруднюється, відходами нафтопродуктів, технологічними відходами виробництва різних галузей промисловості. Від того, як будуть впроваджуватися та виконуватися заходи по охороні навколишнього середовища на підприємствах промисловості, та господарствах АПК залежить, розвиток і життєдіяльність нинішнього і наступних поколінь. Робота ремонтних та сервісних підприємств, а також галузі машинобудування, на яких використовується процес хонінгування, приводить до утворення пилеподібної маси із частинок оброблюваної заготовки та частинок робочої поверхні хонінгувальних брусків. В ході технологічного процесу до робочої зони подається змащувально — охолоджуюча речовина яка змиває шар пилеподібної маси. Після цього вона фільтрується і повторно надходить в робочий цикл, відфільтрована маса утилізується. В цілому ж процес хонінгування не представляє загрози для навколишнього середовища.

4.2 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях актами

Актуальність проблем безпеки людини у виробничому середовищі та при надзвичайних ситуаціях.

Основні положення з охорони праці в Україні встановлені й регламентуються Конституцією України (основним законом), Кодексом законів про працю, Законом «Про охорону праці», а також розробленими на їх основі і відповідно до них нормативно-правовими (указами Президента, Постановами уряду, правилами, нормами, інструкціями, стандартами та іншими документами).

Охорона праці (ОП) - система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності;

Основа політики України в галузі ОП відображена в Законі України «Про охорону праці» зі змінами та доповненнями від 21 листопада 2002 року.

Основні принципи ОП:

- пріоритет життя і здоров'я працівників відповідно до результатів виробничої діяльності підприємства,
- повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;
- соціального захисту працівників, повного відшкодування збитків, у тому числі і моральних, особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві й професійних захворювань;
- встановлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств, незалежно від форм власності і видів їх діяльності; навчання населення, професійна підготовка і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

- участь держави у фінансуванні заходів з охорони праці;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і безпеки праці.

Всі норми, які стосуються ОП, поділяються на чотири групи.

Перша група, це створення безпечних умов праці ще на стадії проектування виробничих об'єктів. Стаття 24 Закону «Про охорону праці» і стаття 154 Кодексу законів про працю, які забороняють приймання і введення в експлуатацію підприємств, цехів, діляниць, якщо в них не забезпечені необхідні безпечні умови праці. Машина, механізми та обладнання, транспортні засоби, технологічні процеси, що впроваджуються у виробництво, повинні мати сертифікати, які засвідчують безпеку їх використання.

Друга група норм (ст. 159 Кодексу законів про працю, ст. 17 і 20 Закону України «Про охорону праці») має гарантувати безпеку в період самого процесу виробництва, установлює порядок розробки, утвердження і застосування правил та інструкцій з охорони праці, обов'язки адміністрації щодо проведення навчання, а робітників і службовців — щодо виконання встановлених вимог.

Третя група норм регламентує порядок видачі й використання засобів індивідуального захисту й лікувально-профілактичного харчування (ст. 165, 166, 167 «Кодексу законів про працю»). Деякі норми хоча безпосередньо і не регулюють правові відношення з охорони праці, але сприяють підвищенню їх рівня. Це такі як стаття 21 Закону «Про охорону праці» і стаття 162 «Кодексу законів про працю», які регулюють порядок виділення і використання коштів на охорону праці. Статті 169- 170 «Кодексу законів про працю» і стаття 19 Закону «Про охорону праці» передбачають обов'язковий медичний огляд певних категорій працюючих і переведення їх за станом здоров'я на легшу роботу відповідно до медичного заключення тимчасово або без обмеження строку.

Четверта група норм визначає загальний і спеціальний нагляд та контроль за дотриманням законодавства про працю, а також відповідальність за його

порушення (ст. 259-265 «Кодексу законів про працю» і ст. 39-48 Закону України «Про охорону праці»).

4.3 Техніка безпеки при використанні газополуменевого напилення

У порівнянні з дуговими зварювальними установками, робота на газо полумєневих установках більш інтенсивно впливає на здоров'я людини. Також виникає ряд нових шкідливих факторів, обумовлених фізичною сутністю утворення полум'я та його взаємодії з навколишнім середовищем. До несприятливих факторів, що впливають на операторів газополумєневих установок, належать: інтенсивний високочастотний шум, високодисперсне розпилення металів, токсичні гази, ультрафіолетова та інфрачервона радіація.

Для зняття запалення очей існує кілька методів, які зазвичай використовують зварювальники:

- Прикладання ватного тампона, просоченого міцною чайною заваркою;
- Прикладання розтертої картоплі, оберненої в марлю;
- закопування знеболювальних крапель "Лідокаїн";
- Закопування протизапальних крапель типу "Візін"
- Застосування репаруючого та знімає подразнення препарату "Корнерегель" за нижню повіку [8].

У найважчих випадках уражається як кон'юнктива, так і рогова оболонка. Через 2-3 дні гострі явища поступово минають. Для полегшення важких відчуттів призначають холодні (іноді теплі) примочки на повіки, слабкі розчини засобів, що анестезують). Однак часте повторення електроофтальмії може спричинити більш серйозне захворювання – хронічний кон'юнктивіт. Інфрачервоне випромінювання - інтенсивне джерело радіації, і тривалий вплив може призвести до втрати зору [9].

Площа не зайнята обладнанням повинна бути не менше 10 м², висота приміщення від рівня підлоги до стелі не менше 3м. Підлоги повинні бути вогнетривкими з малою теплопровідністю, стійкими до механічних та хімічних впливів, неслизькими.

Для посилення поглинаючої здатності ультрафіолетового випромінювання рекомендується стіни приміщення, а також обладнання забарвлювати олійною фарбою у світлі тони, додаючи в фарбу оксид цинку або титанові краски. Також існує засіб з кісткової тканини риб для захисту шкіри працівників від ультрафіолетового випромінювання. Ефективний сонцезахисний крем на основі легованих залізом гідроксиапатитних матеріалів, отриманих із відходів рибної промисловості – кісток тріски. В даний час компонентами комерційно доступних сонцезахисних кремів зазвичай є діоксид титану або оксид цинку, що поглинають ультрафіолетове випромінювання для того, щоб знизити його шкідливу дію на шкіру. Тим не менш, існують побоювання, що ці речовини виявляють токсичність по відношенню до людини, а також негативно впливають на навколишнє середовище при накопиченні у водному середовищі. Кістки тріски обробляють розчином дихлориду заліза протягом трьох годин при температурі 65-70°C. Потім кістки сушаться протягом 12 годин і прожарюються одну годину при 700°C, в результаті чого виходять мультифазні матеріали, що поглинають ультрафіолет, являють собою суміш гідроксиапатитів, легованих залізом і слідових кількостей гематиту. Такий крем поглинає ультрафіолет у широкому спектральному діапазоні, ступінь поглинання не дуже високий, проте крем абсолютно безпечний для застосування на шкірі і не викликає алергічних реакцій [10].

На ділянці плазмового напилення потрібно передбачати природне та штучне освітлення. При комбінованому та верхньому освітленні коефіцієнт природного освітлення має бути близько 5%, при бічному - не менше 1,5%. Штучна освітленість при комбінованому освітленні повинна становити 400-500 лк, загалом - 150-200 лк. Ділянку для плазмового напилення рекомендується розміщувати на першому поверсі.

Плазмове напилення рекомендується виконувати у спеціальній закритій шафі з місцевим відсмоктувачем, що забезпечує швидкість руху повітря у робочій зоні не менше 1,3 м/с. За допомогою місцевих відсмоктувачів з витяжної шафи видаляється до 90 шкідливих речовин, іншими місцевими відсмоктувачами – не більше 75%. Шкідливі речовини (10-25%), що залишилися, повинні розбавлятися до гранично допустимої концентрації за допомогою загальнообмінної припливно-витяжної вентиляції.

Робітник що напилює повинен знаходитись в спеціальному захисному костюмі, який являє собою закритий шолом з затемненим склом до якого підведена подача повітря з зовні напилюємої камери, шумо захисні навушники а також захисні краги для рук.

На додаток до місцевої вентиляції має бути встановлена загальнообмінна вентиляція, яка передбачає рівномірний розподіл повітря по всьому приміщенню зі швидкістю, що не перевищує 0,3 м/с.

Для захисту органів слуху від шуму рекомендується використовувати антифони. Для захисту органів зору та обличчя від впливу випромінювання застосовують щитки, маски зі світлофільтрами.

Приміщення з ділянками для газополеменого напилення, до складу яких входить електрозварювальне обладнання, відносяться до класу приміщень підвищеної електробезпеки. Тому все електроустаткування має відповідати правилам пристроїв електроустановок, а його експлуатація - правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів та правилам техніки безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів.

Технічний регламент та вимоги безпеки під час шліфування шийок колінчастихвалів

До виконання технологічного процесу допускаються лише спеціально підготовлені особи, не молодші 18 років, які пройшли інструктаж з охорони праці, оволоділи безпечними та необхідними прийомами роботи а також мають допуск до роботи. Робоче місце має бути обладнано згідно вимог техніки

безпеки, а робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту: окулярами, захисними рукавицями, навушниками, спецодягом.

Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій

Небезпечні умов, які існують чи виникають на виробництві, поділяються на такі групи:

- стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- помилки умови які спонукають робітника допускати у процесі хонінгування, низька кваліфікація робітника та рівень знань з охорони праці;
- умови при яких можливе проникнення працюючого у небезпечну робочу зону в наслідок відсутності контролю за дотриманням правил з охорони праці. Будь-яке порушення цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, небезпечного фактору визначається як травма. Якщо внаслідок аварії технічної системи з'явилися травми у людей, то випадок необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це відноситься до таких систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина одночасно. Якщо при роботі таких систем з ладу вийшла машина, припинивши свої функції внаслідок руйнування деталей або самої машини, і призвело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією. Схема процесу утворення небезпечної ситуації та її можливих наслідків для випадків, коли пріоритетними є небезпечна умова або небезпечна дія, об'єднує найпростіші варіанти перебігу подій (рис. 4.2). Небезпечна дія НД в умовах виробництва стає причиною виникнення небезпечної умови НУ з наслідками у вигляді небезпечної ситуації, аварії, або травми. Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

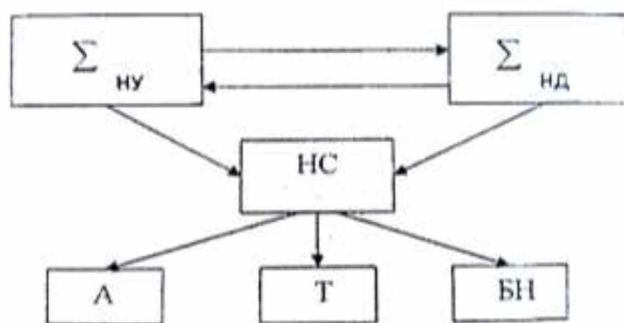


Рис.1.12 - Блок-схема взаємозв'язків між небезпечними подіями у процесі
 НУ – небезпечна умова; НД - небезпечна дія; НС – небезпечна ситуація;
 А - аварія; Т – травма; БН - наслідок без аварії і травм формування та
 виникнення небезпечних ситуацій.

Таблиця 1.8 – Аналіз процесів формування травмонебезпечних ситуацій
 при обробці матеріалів інструментом з надтвердих матеріалів

Вид робіт, виробничий підрозділ, робоче місце, виробниче обладнання, склад агрегату	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова НУ	Небезпечна дія НД	Небезпечна ситуація НС		
Шліфування шийок колінвалу	Низька класифікація робітника	Неправильне встановлення подачі і швидкості обертання круга	Розлітання шліфувального круга, і травмування робітника	Травма, поломка інструмента	Навчання робітника, проведення попла

					нового інструк ажу з охорони праці
--	--	--	--	--	--

Загальні висновки

Як показали результати теоретичних досліджень найбільш раціональним методом відновлення шийок колінчастих валів які вийшли з ремонтних розмірів являється метод газу полуменевого напилення. Даний метод дозволяє нанести найбільш однорідну поверхню в порівнянні з наплавленням і напиленням дроту.

При виборі порошка для напилення підшару був підібраний порошок марки ПГ-Ю5-Н який має такі характеристики зносостійкість, корозійостійкість покриття з високою адгезією. Для напилення головного шару був використаний порошок марки ПГ-Ю-НХ16СРЗ який має високу зносостійкість HRC 38.

Експерименти для вимірювання твердості напиленого шару проводилися в лабораторії Полтавської державної аграрної академії, для вимірювання використовувався твердомір ТД-32М. Оптимальна твердість напиленого шару склала 33-35HRC.

Для шліфування шийок колінчастого валу був підібраний шліфувальний круг виробника ПАТ «Полтавський алмазний інструмент», марки 600-40 1A1 600-40-6-305 АСН 60/40 50% М2-01 який забезпечує високу якість

поверхні та мінімальну шорсткість після обробки і має невисоку ціну в порівнянні з закордонними аналогами.

Шорсткість поверхні після шліфування перевірялася профілометром 253. Даний профілометр дозволяє перевірити шорсткість поверхні з похибкою не більше 5%. RA

Концентрація алмазів в шліфувальних кругах являється важливим параметром який визначає економічні показники процесу. Завдяки газополуменовому напilenню ми проводимо тільки чистове шліфування тобто використовуємо круг з концентрацією алмазів 50%.