

FTAMP 30.15.35

М. Ибылдаев | ©



Техн. ғылым. канд., доцент

ORCID

<https://orcid.org/0000-0003-1857-5550>



М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті,



Тараз қ., Қазақстан Республикасы



ibildaev@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/SJTS1573>

МАШИНАЛАРДАҒЫ САТЫЛЫ БІЛІКТЕРДІ ЖӨНДЕУ ҚОРЫНЫҢ ЖАЙ-КҮЙІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Сатылы біліктер өндірісі, машина жасауда айтарлықтай үлес салмағын құрайды. Бір жыл ішінде өндірісте 10 млн. астам дана сатылы білік дайындалады, оның жартысы автомобильдерге, тракторларға және басқа да техникаларға арналған. Сатылы біліктердің ауыр жұмыс жағдайлары олардың мойынтіректері мен тығыздағыштарына арналған орындардың қарқынды тозуына алып келеді. Барлық ақаулардың ішінде біліктің төлкемен түйіскен жерінде желіну түрінде жанасатын беттерінің тозуы басым. Жөндеу қорының жай-күйін талдау ілінісу біліктерінің барлығы дерлік өндіруші зауыттардың техникалық талаптарына сәйкес келмейтінін көрсетеді. Олардың 20%-ы жарамдылық талаптарына сәйкес келмейтіндіктен жөндеуге жарамсыз.

Тірек сөздер: сатылы білік, бекіту орындары, шлицтер, пайдалану, тозу, техникалық талаптар, сапа.



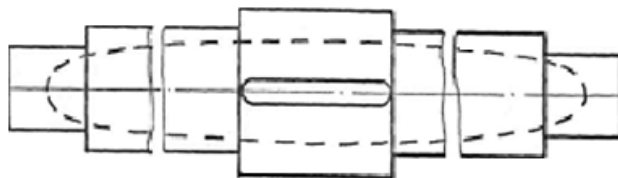
Ибылдаев, М. Машиналардағы сатылы біліктерді жөндеу қорының жай-күйін талдау [Мәтін] / М. Ибылдаев // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2024. – №1(83). – Б.221-228. <https://doi.org/10.55956/SJTS1573>

Кіріспе. Айналымды қозғалысты беру үшін автотракторлық техникада біліктерді редукторлармен, маховиктермен, тізбекті беріліс жұлдызшаларымен және басқа бөлшектермен байланыстыратын әртүрлі бекіту беттері бар сатылы біліктер кеңінен қолданылады. Білік сатыларының пайда болуы, бір жағынан, біліктің сатылары арасындағы жиектер білікке орнатылған бөлшектер үшін тірек ретінде пайдаланылатын құрастыру жағдайларымен байланысты, екінші жағынан, минималды салмақпен жеткілікті беріктікті қамтамасыз етеді: бұл жағдайда біліктер иілу кедергісіне тең сәуленің пішініне мүмкіндігінше жақын пішін беруге тырысады (1-ші және 2-суреттер) [1,2].

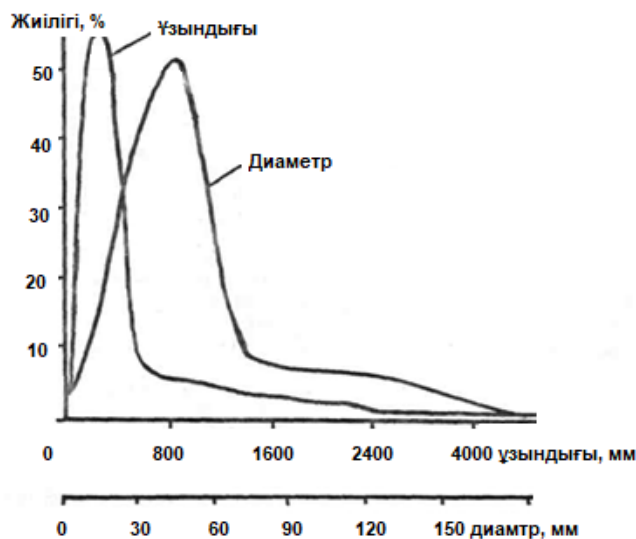
Зерттеу шарттары мен әдістері. Сатылы біліктердің конструкциясына және жұмыс істеу жағдайына талдау жасалды. Біліктегі сатылардың саны мен орналасуы қабылданған құрастыру схемасына және қолданылатын бөлшектердің орналасуына байланысты [3]. Айналу моменті мен осьтік күштерді біліктерден беру білікке жүктемелердің мөлшері мен сипатына байланысты әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылады. Ең көп таралған – шлицтік қосылыстар. Тік, трапеция, үшбұрышты және эвольвенттік

профильдері бар шлицтер қолданылады. Біліктердегі шлицтердің қаттылығы HRC 50 төмен емес.

Қазіргі заманғы машиналардың тораптарында негізінен ұзындығы 150-400 мм біліктер қолданылады (2-сурет), диаметрі 15-125 мм және диаметрі D/d арақатынасы 1,5 мұндағы D және d – сәйкесінше сатылардың көлденең қимасының үлкен және кіші диаметрлері [4].



Сурет 1. Сатылы білік және арқалық пішіні



Сурет 2. Біліктердің ұзындығы мен диаметрінің бөлінуі

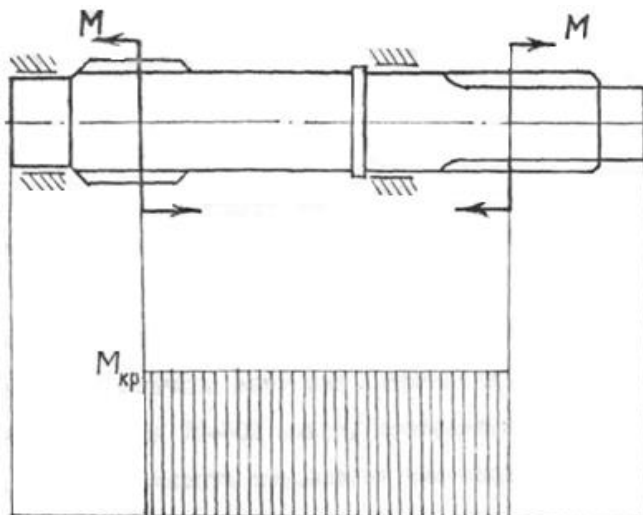
Сатылы біліктер өндірісі машина жасаудағы айтарлықтай үлес салмағын құрайды. Бір жыл ішінде өндірісте 10 млн. данадан астам өнім өндіріледі, оның жартысы автомобильдерге, тракторларға және ауыл шаруашылығы машиналарына арналған [5]. Сатылы біліктерді дайындау үрдісінде дайындаманың салмағынан көп мөлшерде металл чиптерге шығарылады.

Сонымен, дайындамадан сатылы біліктерді дайындау кезінде металды пайдалану коэффициенті 0,6-0,7 құрайды, ал дайындамаларды қысып өңдеу арқылы алған кезде қысып өңдеудің орташа салмағында металды пайдалану коэффициенті 1,1-25 кг құрайды 0,51-0,61 [5].

Сатылы біліктерді дайындаудың күрделілігі және қымбат болаттарды (40, 45, 18ХГТ, 35ХГС) қолдану қажеттілігі олардың құнын жоғарылатады.

Біліктер үлкен ауыспалы бұралу жүктемелерімен жұмыс істейді, сондықтан оларды жасау және қалпына келтіру кезінде беріктік сипаттамаларына ерекше назар аудару керек. Біліктің ұзындығы бойынша таралу сипаты мен айналу моменттерінің шамасы тұралы көрнекі түсінік алу үшін осы моменттердің диаграммасы 3-суретте көрсетілген. Бұл жағдайда

момент екі комбинацияда бір-біріне қарама-қарсы бағытта бірдей күшпен әрекет етеді. Өйткені білік бір жағынан екінші жағына қолданылатын моментті береді. 3-суреттен көрініп тұрғандай, негізгі жүктемені айналдыру күштері әсер ететін қималар арасындағы аймақ көтереді, ал біліктің екі шеті – шамалы жүктемелерді қабылдайды, бұл оларды ыстық көлемді штамптау арқылы қалпына келтіру кезінде компенсаторлық металды қолдануға қолайлы жағдай жасайды.



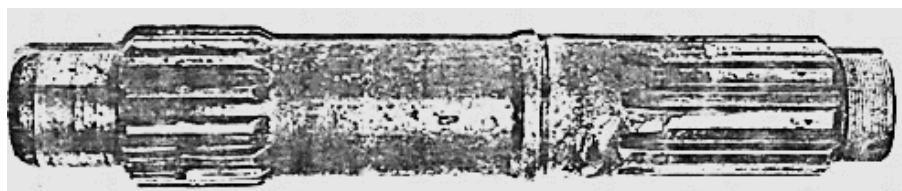
Сурет 3. Білікке әсер ететін моменттер диаграммасы

Уақыт бойынша өзгермелі кернеулердегі беріктік көбінесе сатылар арасындағы ауысу орындарындағы және саңылаулар, ойықтар, тесіктер және т.б. орындардағы біліктің құрылымдық пішіндеріне байланысты. Бұл мұндай жерлерде иілу және бұралу кернеуінің шоғырлануы болатындығына байланысты. Кернеу шоғырлануының төмендеуіне өтпелі орындардың неғұрлым ұтымды түрін қолдану арқылы қол жеткізіледі. Мысалы, D диаметрінің көлденең қимасынан d диаметрінің көлденең қимасына өту галтельдер (кружжалар) мүмкіндігінше үлкен радиуспен жасалуы керек, өйткені $R/D < 0,1$ шамасында кернеулердің айтарлықтай шоғырлануы [1] пайда болады.

Сатылы біліктердің зақымдануын талдау. Трактордың беріктігі тұтастай алғанда орындықтардың тозуға төзімділігіне байланысты, өйткені олар кинематикалық тізбектердің негізгі элементтері болып табылады. Қосылыстың қалыпты жұмысының бұзылуы түйіннің немесе қондырғының жұмыс режимін өзгертеді және басқа бөлшектердің тез тозуына әкеледі. Сондықтан отырғызу орындарына жоғары талаптар қойылады. Мәселен, А-41 қозғалтқышын күрделі жөндеуге арналған техникалық шарттардың талаптарына сәйкес ілінісу білігінің №208 мойынтірегіне арналған орындықтардың тозуының шекті рұқсат етілген мәндері пайдалануда болған бөлшектермен түйіскен кезде 0,13 мм және жаңасымен түйіскен кезде 0,17 мм құрайды [6].

Сатылы біліктердің ауыр жұмыс жағдайлары олардың мойынтіректері мен тығыздағыштарына арналған орындардың қарқынды тозуын анықтайды. Осы себепті қалпына келтіруге түсетін біліктердің 75-80%-ы ақаулы [7]. Білік-мойынтірек қосылымының тозуға төзімділігі негізінен мойынтіректің ішкі

сақинасының орналасуына байланысты. Бекітулердің әлсіреуі сақиналардың бұрылуына және отырғызу беттерінің қарқынды біркелкі емес тозуына әкеледі (4-сурет). Орналасу саңылаулары 0,3 м болған кезде тозу жылдамдығы 1,25-1,36 есе, ал 0,4-0,8 мм саңылаулар кезінде 1,65-1,75 есе артады. Сонымен қатар, өндіріс пен қалпына келтіру технологиясынан мұндай ауытқулар қарқынды тозуға әкеледі, сондықтан орналасу беттерінің сопақша, конустық және ось сәйкестігі мәндеріне жол берілмейді.



Сурет 4. Тозған сатылы ілінісу білігі

Бір маркалы тракторлардағы білік-мойынтірек түріндегі қосылыстардың әртүрлі зақымдану түрлерінің пайызы әртүрлі болуы мүмкін, өйткені бұл қатынас бірқатар айнымалы факторлардың, соның ішінде біліктердің жүктемесінің, майлауға түсетін және тракторлардың жұмыс аймағындағы топырақ жағдайына байланысты абразивті бөлшектердің қасиеттерінің, бұзылу жиілігінің, берілген майды ауыстыру жиілігінің және т.б. әсерінен болады [4].

Мойынтірек жинағының нашар тығыздалуы абразивті бөлшектердің, ылғалдың және т.б. кіруіне ықпал етеді, бұл тозу үрдісін тездетеді. Біліктердің отыратын орындарының қаттылығының жеткіліксіздігі шаршаудың тозуына әкеледі. Орындарды өңдеудің төмен жиілігі микро шығыңқылардың мыжылуы арқылы бастапқы жұмыс кезеңінде радиалды саңылаудың күрт өсуіне, тербеліс үрдістерінің артуына және мойынтіректер сақиналарының айналуына ықпал етеді. Беттердің үйлесімділігін сақтамау домалау денелерінің қысылуына, сақиналардың қисаюына және одан әрі мойынтіректер мен біліктердің сынуына әкеледі. Сонымен қатар, қоршаған ортаның әсерінен мойынтіректерге арналған орындар коррозияға ұшырайды.

Шлицтік беттерінде келесі ақаулар бар:

- шлицтердің жанасатын беттерінің тозуы;
- шлицтердің мыжылуы;
- шлицтердің сынуы және кесілуі.

Аталған ақаулардың ішінде біліктің втулкамен түйіскен жерінде қазба түрінде шлицтердің жанасатын беттерінің тозуы басым (4-сурет). Шлицтердің зақымдануымен қалпына келтіруге түсетін біліктердің 90%-дан астамы ақаулы. Саңылаулардың ені бойынша орташа тозу мәні 2 мм немесе одан да көп. Сонымен қатар, саңылаулар сыртқы диаметрі бойынша тозады, ол 0,6-0,7 мм жетеді және бөлшектердің 75% кездеседі. Қозғалмайтын қосылыстардағы тозу микро кернеулерде жұқа тотықты қабықшалардың пайда болуы мен бұзылуынан туындайды және контактілі коррозия деп аталады. Бұл – жанасудағы үлкен қысымның салдары, жанасатын беттердің кіші амплитудасы (микрометрдің үлесіне дейін) және үлкен жиілігі бар салыстырмалы қозғалыстары, үйкеліс аймағында майлаудың болмауы немесе оның шектеулі мөлшері, біртекті металл және жанасу аймағына оттегінің кіруі.

Шлицтердің қарқынды мыжылуы олардың жұмыс беттерінің қаттылығы төмен болған кезде байқалады, бұл үлкен динамикалық жүктемелерге ұшырайтын қосылыстарға тән. Шлицтердің сынуы және олардың кесілуі сирек кездеседі және механикалық немесе термиялық өңдеу ақауларының, дизайн қателіктерінің және төтенше жағдайдың салдары болып табылады.

Шлицтік қосылыстар зақымдануының басқа түрлері бар, мысалы, тіс материалының беткі қабатын бояу, жанасу аймағында үлкен жүктемелер мен жоғары температураның әсерінен кептелу, шлицтік негіздердегі жарықтар.

Жүргізген зерттеулер шлицтік қосылыстардың тозуына әсер ететін келесі негізгі факторларды анықтады:

- қосылу сипаты (қозғалмалы және қозғалмайтын);
- айналымдар саны;
- шлицтердің резервуар беттерінде пайда болатын мыжылу кернеуінің шамалары;

- шлицтің қаттылығы.

Тозуға төзімділікті арттырудың тиімді құралдары:

- шлицтік қосылыстардағы саңылауларды азайту, тығыз орналасуды қолдану, қосалқы беттерге орталықтандыру және қосылыстарды қысу;

- біркелкі емес қыздыру, жүктеме кезінде деформация есебінен жұмыс жағдайында пайда болатын монтаждау кезінде түйсетін бөлшектердің осьтерінің қисаю бұрыштарын азайту. Диаметрі 10-50 мм болатын біліктер үшін рұқсат етілген қиғаш бұрышы 101 мин. Салыстырмалы сырғуға мүмкіндік беретін қосылыстар үшін 401 мин жоғары қиғаш бұрыштар рұқсат етілмейді.

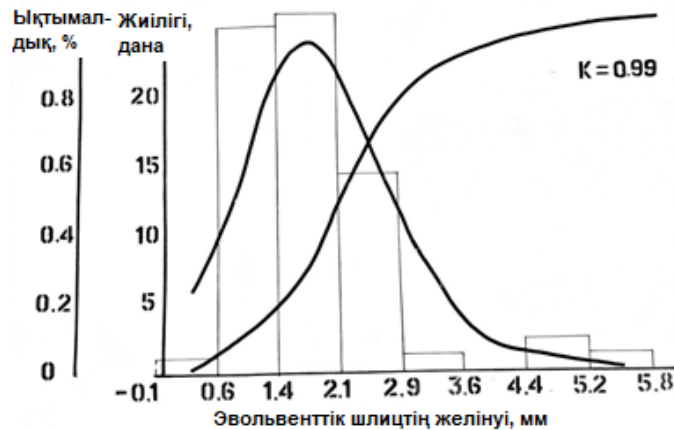
Орналасу беттерінде байқалатын ақаулардан басқа, сатылы біліктің сынуы, иілуі, бұралуы орын алады. Біліктің сынуы, әдетте, өтпелі аймақтардағы кернеулердің шоғырлануы, кескіш құралдың шығатын жерлерінде тесіктердің болуы нәтижесінде шаршау сипатына ие. Иілу және бұралу кернеулерінің шоғырлануының мөлшері көбінесе сатылар арасындағы ауысу орындарындағы және саңылаулар, ойықтар, тесіктер орындарындағы біліктің құрылымдық формаларына байланысты. Көлденең тесіктер кернеудің едәуір шоғырлануын тудырады, сондықтан оларды біліктің ең аз кернеулі жерлеріне орналастыру керек, мүмкін болса, оларды мүлдем жасамаған дұрыс. Алайда, кейбір жағдайларда көлденең тесіктер қажет (мысалы, майлау үшін). Мұндай жағдайларда конструктивті және технологиялық нығайту шараларын қолданған жөн. Біліктердің сынуы, иілуі және бұралуы өндіріс және жөндеу технологиясы сақталмаған кезде, сатылы біліктерді пайдалану ережелері бұзылған кезде де орын алады.

Жарықтары, үлкен иілісі және бұралуы бар біліктер қалпына келтірілмейді, олар жаңаларына ауыстырылады. Жөндеуге келетін А-41 қозғалтқышының ілінісу біліктерінің 20% жаңасымен ауыстырылады.

Сатылы біліктердің зақымдануын және олардың тракторлар мен басқа машиналардың құрастыру қондырғыларының жұмысына әсерін талдау олардың жұмыс кезінде барлық орналасу беттерінің тозғанын, өзара орналасуын бұза отырып, шаршау кернеулері, макро- және микрожарықтар пайда болатындығын көрсетеді. Тозған біліктердің бұл сипаттамалары оларды қалпына келтіру әдісін таңдағанда ескерілуі керек. Бұралған және қисық біліктерде жеке орналасу беттерін қалпына келтіру мүмкіндігі алынып тасталады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Өлшеу нәтижелері EO-1035 компьютерінде өңделді. Компьютерлік өңдеу нәтижелерінің басып

шығарулары келтірілген және бақыланатын параметрлердің эмпирикалық үлестірімдерінің гистограммалары, сондай-ақ олармен біріктірілген теориялық дифференциалдық және интегралдық функциялардың диаграммалары берілген (5-сурет).



Сурет 5. Бақыланатын параметрлердің эмпирикалық үлестірімдерінің гистограммалары және олармен біріктірілген теориялық дифференциалдық және интегралдық функциялардың диаграммалары

Әрбір тозған бет үшін адгезияның жарамдылық коэффициенттері, алынған және теориялық таралу заңдарының конвергенция гипотезасын қабылдау ықтималдығы мен таңдалған заңның негізгі параметрлері көрсетілген: K – орташа арифметикалық, S – орташа квадраттық ауытқу, A – асимметрия коэффициенті, E – шектен шығу коэффициенті.

А-41 қозғалтқышының ілінісу біліктерінің қалыңдығы бойынша эволюциялық шлицтердің тозу мәндерінің таралуы қалыпты заңға бағынады

$$F(x) = \frac{1}{S\sqrt{2H}} \cdot l^{\frac{(x-x)^2}{2S}} \quad (1)$$

Сонымен қатар, SMD-14 қозғалтқышының ілінісу білігінің қалыңдығы бойынша шлицтік мәндерінің таралуы Вейбулл заңына бағынады

$$F(S) = \alpha \cdot \beta \cdot S^{d-1} \cdot l^{-\beta-S^\alpha} \quad (2)$$

мұндағы α, β – өзгеретін параметрлер.

Барлық басқа үлестірімдер Вейбулдың қалыпты заңына, Лаплас-Шарлье заңына бағынады, оның интегралдық функциясы формуласымен сипатталады

$$F(x) = F_0(t) - \frac{A}{6} \varphi_2(t) + \frac{E}{24} \varphi_3(t) \quad (3)$$

мұндағы

$$t = \left(x - \bar{x} \right) S \quad (4)$$

$$F_0(t) = \frac{1}{\sqrt{2H}} \int_{-\infty}^t l^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (5)$$

$$\varphi_2(t) = \frac{1}{2H} l^{-\frac{t^2}{2}} (t^2 - 1) \quad (6)$$

$$\varphi_3(t) = \frac{1}{2H} \cdot l^{-\frac{t^2}{2}} (3t - t^3) \quad (7)$$

Біліктердің жарамдылық ықтималдығы және қалпына келтіру коэффициенттері (2) және (3) формулаларымен анықталды:

- А-41 қозғалтқыштарының ілінісу біліктері үшін

$$K_r = 0 \cdot 0,68 \cdot 0,05 \cdot 0,20 = 0, \quad K_g = 1,0; \quad (8)$$

- СМД-14 қозғалтқыштарының ілінісу біліктері үшін

$$K_r = 0,06 \cdot 0,57 \cdot 0,22 \cdot 0,62 = 0,04, \quad K_g = 0,99. \quad (9)$$

Қорытынды. Сатылы біліктерде тегіс, шлицтік және бұрандалы беттердің барлығы жұмыс кезінде тозады. Сонымен қатар, біліктер бұралуға және иілуге ұшырайды. Нәтижесінде орналасу беттерінің өзара орналасуы (үйлесімділік, параллельдік, перпендикулярлық) барлық жағымсыз (қарқынды тозу, сыну) салдарлармен бұзылады.

Жөндеу қорының жай-күйін талдау нәтижелері А-41 және СМД-14 қозғалтқыштарының ілінісу біліктерінің барлығы дерлік өндіруші зауыттардың техникалық талаптарына сәйкес келмейтінін көрсетеді. Олардың 20%-ы жарамдылық талаптарына сәйкес келмейтіндіктен жөндеуге жарамсыз болып қалады.

Әдебиеттер тізімі

1. Ибылдаев, М.Х. Технология восстановления ступенчатых валов нефтегазовой техники горячей объемной штамповкой [Текст]: монография / М.Х. Ибылдаев. – Тараз: «Издательство ТИГУ», 2014. – 157 с.
2. Иосилевич, Т.Б. Детали машин [Текст] / Т.Б. Иосилевич. – М.: Машиностроение, 1988. – 366 с.
3. Чернавский, С.А. Справочник металлиста [Текст] / под ред. С.А. Чернавского. – М.: Машиностроение, – Т.1. 2006. – 768 с.
4. Саренсен, С.В. Валы и оси [Текст] / С.В. Саренсен [и др.]. – М.: Машиностроение, 1970. – 316 с.
5. Воловик, Е.Л. Справочник по восстановлению деталей [Текст] / Е.Л. Воловик. – М.: «Колос», 2011. – 350 с.
6. Вальцев, А.П. Восстановление шлицевых валов [Текст] / А.П. Вальцев, Ю.А. Зеленский, В.К. Халаим // Техника в сельском хозяйстве. - 2011. - №1. - С.54-61.
7. Долгов, Т.А. Результаты сравнительных эксплуатационных испытаний восстановленных шлицевых валов [Текст] / Т.А. Долгов, В.И. Бовбас. – М.: Труды ГОСНИТИ, Т.60. 1983. – С.94-96.

Материал редакцияға 02.10.23 түсті.

М. Ибылдаев

Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан

АНАЛИЗ РЕМОНТНОГО СОСТОЯНИЯ СТУПЕНЧАТЫХ ВАЛОВ В МАШИНАХ

Аннотация. Производство ступенчатых валов составляет значительный удельный вес в машиностроении. За год их изготовляют более 40 млн. шт., из них половина предназначена для автомобилей, тракторов и другой техники. Тяжелые условия работы ступенчатых валов предопределяет интенсивный износ их посадочных мест под подшипники и сальники. Из всех дефектов преобладает износ контактирующих поверхностей шлицев в виде выработки в месте сопряжения вала со втулкой. Анализ состояния проблемы свидетельствуют о том, что практически все валы сцепления не соответствуют техническим требованиям заводов-изготовителей. Из них 20% выбраковываются, так как не отвечают требованиям по ремонтпригодности.

Ключевые слова: ступенчатый вал, посадочные места, шлицы, эксплуатация, износ, технические требования, качество.

M. Ibyldaev

M.Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

ANALYSIS OF THE REPAIR CONDITION OF STEERING VALVES IN MACHINES

Abstract. The production of stepped shafts has a significant specific weight in mechanical engineering. More than 40 million of them are produced in the country per year. pcs., half of them are intended for cars, tractors and other equipment. Heavy conditions of operation of stepped shafts predetermine intensive wear of seats under bearings and oil seals. Of all the defects, wear of the contacting surfaces of the splines prevails in the form of wear in the place of coupling of the shaft with the bushing. The analysis of the condition of the remfon indicates that almost all clutch shafts do not meet the technical requirements of the manufacturing plants. 20% of them are rejected because they do not meet the requirements for repairability.

Keywords: stepped shaft, seats, slots, operation, wear, technical requirements, quality.

References

1. Ibyldaev, M.Kh. Tehnologiya vosstanovleniya stupenchatykh valov neftegasovoi tehniki goriachei obemnoi shtampovkoi [Technology of restoration of stepped shafts of oil and gas equipment by hot stamping]: monograph. – Taraz: Publishing House TIGU, 2014. – 157 p. [in Russian].
2. Iosilevich, T.B. Detali maschin [Machine parts]. – Moscow: Maschinostroenie, 1988. – 366 p. [in Russian].
3. Chernavsky S.A. etc Spravochnik metallista [Metalworker's Handbook]. – V.1., Moscow: Maschinostroenie, 2006. – 768 p. [in Russian]
4. Sarensen, S.V. Valy I osi [Shafts and axles]. – Moscow: Maschinostroenie, 1970. – 316 p. [in Russian].
5. Volovik, E.L. Spravochnik po vosstanovltniu detalti [Handbook for parts restoration]. – Moscow: Kolos, 2011. – 350 p. [in Russian].
6. Valtsev A.P., Zelensky Yu.A., Khalaim V.K. Vosstanovleniu schlitsevykh valov [Restoration of spline shafts] // Tehnika v selskom hosiastve [Technology in agriculture]. 2011. No. 1. P.54. [in Russian].
7. Dolgov, T.A., Bovbas, V.I. Resultaty sravnitelnykh ekspluatatsionnykh ispytaniy vosstanovltnnykh schlitsevykh valov [Results of comparative performance tests of restored spline shafts]. V.60. – Moscow: Trudy GOSNITI [Proceedings of GOSNITI], 1983. – P.94-96. [in Russian].