VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

ZAMENJAVA PNEVMATSKEGA UDARNEGA VIJAČNIKA Z BATERIJSKIM VIJAČNIKOM, VODENIM PREK RAČUNALNIŠKEGA SISTEMA

Kandidat: Martin Stojnšek

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Darko Friščić

Mentor v podjetju: Darko Dajčman, dipl. inž.

Lektorica: Mija Čuk, univ. dipl. spl. jez.

Maribor, 2020

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Martin Stojnšek sem avtor diplomskega dela z naslovom Zamenjava pnevmatskega udarnega vijačnika z baterijskim vijačnikom, vodenim prek računalniškega sistema, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Darka Friščića.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32. a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, november 2020 Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Darku Friščiću in somentorju Darku Dajčmanu, dipl. inž., za strokovno svetovanje in spodbudo pri nastajanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se družini za neumorno podporo in spodbudo, ki sem ju bil in sem ju vedno znova deležen v vseh mojih projektih.

Hvala vsem!

POVZETEK

V diplomskem delu, ki je strokovno delo v manjšem obsegu, želim kot študent obdelati ali raziskati manj zahteven problem in tako pridobiti izkušnje na znanstveno-raziskovalnem področju dela. S tem želim izkazati svoj osebni inženirski pristop ter zmožnost samostojnega dela, razmišljanja in raziskovanja.

Če želimo dandanes kot podjetje biti konkurenčni na svetovnem trgu, moramo nenehno izboljševati proizvodne procese. Treba je spremljati novosti na trgu in sprejemati določene odločitve, ki so včasih lahko tudi tvegane. Stalne izboljšave dokazano znižujejo stroške dela in materiala ter prinašajo proizvodom dodano vrednost.

V pričujočem delu sem želel predstaviti oz. primerjati dve različni orodji na proizvodni liniji, in sicer:

1. tehnologijo vijačenja na komprimiran zrak, ki nikoli ne zataji in je v uporabi na tem delu proizvodnje že več kot 40 let. Pnevmatski udarni vijačnik je orodje, ki ga napaja komprimiran zrak, brez kakršnih koli elektronskih komponent. Vrednosti, ki jih mora doseči, so prednastavljene na reduktorju tlaka. Potrebni so kontrola momenta privitja z momentnim ključem, izgubljen procesni čas in možnost pojava napak;
2. baterijsko gnani vijačnik, ki ima elektronsko podporo. Industrijska radijska komunikacija (IRC) omogoča, da se vijačnik sporazumeva z nadzorno enoto. Programska oprema nas takoj opozori na kakršna koli odstopanja ali nepravilnosti v procesu privijanja vijaka. Eno orodje, ki je v nekem pogledu morda že zastarelo, pa vendar ponuja še vedno zelo dobre končne rezultate, ima relativno nizke stroške obratovanja, na drugi strani pa gremo v korak s časom, modernizacija. Bolj ali manj imajo vse modernejše elektronske naprave dandanes vgrajene elektronske komponente, ki nam omogočajo sledljivost, razne analize, možnost kontrole operaterja bodisi na pametnem telefonu, tablici, računalniku. Programska oprema nam omogoča, da imamo v vsakem trenutku popolno kontrolo nad proizvodnim procesom. Vendar pa imajo obe plati zgodbe svoje slabosti in prednosti. Nekatere zastarele tehnologije so lahko celo škodljive oz. škodljivo vplivajo na psihofizične sposobnosti operaterja. Morda škodljiv vpliv ni viden takoj, lahko se pojavi skozi daljši čas uporabe orodja.

Ključne besede: pnevmatski udarni vijačnik, baterijski vijačnik z nadzorno enoto, modernizacija, komprimiran zrak, moment privijanja.

ZUSAMMENFASSUNG

AUSTAUSCH EINES PNEUMATISCHEN SCHLAGTREIBERS DURCH EINEN BATTERIESCHRAUBENDREHER, DER DURCH EIN COMPUTERSYSTEM GEFÜHRT WIRD

In der Diplomarbeit möchte ich ein weniger anspruchsvolles Problem bearbeiten oder erforschen und so Erfahrungen im wissenschaftlichen und forschungswissenschaftlichen Arbeitsfeld sammeln. Ich möchte meinen persönlichen Engineering-Ansatz und meine Fähigkeit, selbständig zu arbeiten, zu denken und zu erforschen, demonstrieren. Wenn wir heute als Unternehmen auf dem Weltmarkt wettbewerbsfähig sein wollen, müssen wir die Produktionsprozesse ständig verbessern. Es ist notwendig, die Marktentwicklung zu beobachten und bestimmte Entscheidungen zu treffen, die manchmal riskant sein können. Kontinuierliche Verbesserungen haben sich bewährt, um die Arbeits- und Materialkosten zu senken und den Produkten einen Mehrwert zu bringen. In dieser Arbeit wollte ich zwei verschiedene Werkzeuge von der Produktionslinie präsentieren oder vergleichen. Erstens: Druckluft-Schraubentechnologie, die nie scheitert, die in diesem Teil der Produktion seit mehr als 40 Jahren im Einsatz ist. Ein pneumatischer Schlagschrauber ist ein Werkzeug, das mit Druckluft betrieben wird, ohne elektronische Komponenten. Die zu erreichenden Werte sind auf dem Druckminderer voreingestellt. Eine Drehmomentkontrolle ist erforderlich, um die Verfahrenszeit zu verkürzen und Fehlerrate zu senken. Zweitens: Akkuschrauber mit elektronischer Unterstützung. Industrial Radio Kommunikation ermöglicht der Verschraubung, mit der Steuereinheit zu kommunizieren. Die Software warnt uns sofort vor Abweichungen oder Unregelmäßigkeiten im Schraubanzug. Ein Instrument, das in mancher Hinsicht vielleicht schon überholt ist, aber dennoch sehr gute Endergebnisse bietet, relativ niedrige Betriebskosten, und auf der anderen Seite halten wir mit der Zeit Schritt, mit der Modernisierung. Immer mehr moderne elektronische Geräte haben heutzutage eingebaute elektronische Komponenten, die es uns ermöglichen, verschiedene Analysen durchzuführen, und gebendem Bediener die Möglichkeit zu steuern, entweder mit einem Smartphone, Tablet oder Computer. Die Software ermöglicht es uns, den Produktionsprozeß jederzeit vollständig zu steuern. Allerdings haben beide Seiten der Geschichte ihre Nachteile und Vorteile. Einige veraltete Technologien können sogar schädliche Auswirkungen auf die psychophysischen Fähigkeiten des Bedieners haben. Die schädlichen Auswirkungen können nicht sofort sichtbar werden, sie können über einen längeren Zeitraum durch den Gebrauch des Werkzeuges auftreten.

Stichwort: Druckluftschrauber, Akkuschrauber mit Steuergerät, Modernisierung, Druckluft, Drehmoment

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 9

1.1 OPIS OBRAVNAVANEGA PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA 10

1.2 NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE 10

1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE 10

1.4 UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE 10

2 VIJAČNE ZVEZE 11

2.1 VIJAKI 12

2.1.1 Končine in izteki navojev 15

2.1.2 Tolerance navojev 15

2.1.3 Konstrukcijske oblike vijakov 16

2.2 MATICE 18

2.3 PODLOŽKE 20

2.4 VAROVANJE VIJAČNIH ZVEZ PRED ODVITJEM 21

2.5 MATERIALI VIJAKOV IN MATIC 22

2.6 MEDSEBOJNO DELOVANJE SIL 24

2.7 STANDARDIZACIJA 25

2.8 PREIZKUSNE IN MERILNE METODE 26

2.9 NAJPOGOSTEJŠE NAPAKE PRI VIJAČENJU 30

2.9.1 Poškodovani navoji 30

2.9.2 Manjkajoče komponente vijačne povezave 30

2.9.3 Usedanje ali poravnava vijačne zveze na površino materiala 31

2.10 POSTOPEK VIJAČENJA 32

3 VRSTE ORODIJ 33

3.1 UDARNI VIJAČNIK 33

3.2 PULZNI VIJAČNIK 33
3.3 KOTNI VIJAČNIK 34
3.4 ELEKTRIČNI NADZOROVANI VIJAČNIK 34
3.5 BATERIJSKI VIJAČNIKI 35
4 OPIS DELOVNEGA POSTOPKA 37
5 UPORABA PNEVMATSKEGA VIJAČNIKA V PROIZVODNEM PROCESU ... 40
5.1 SLABOSTI ORODJA 42
5.1.1 Vibracije ki jih povzroča orodje 42
5.1.2 Vibracije dlan-roka 42
5.1.3 Vibracije celotnega telesa 43
5.1.4 Hrup ki ga povzroča orodje 43
5.2 VPLIV NA ZDRAVJE 44
5.3 AKTIVNI PRISTOP K TEŽAVI 44
6 PRIMERJAVA RAZLIČNIH VIJAČNIKOV 45
7 OCENA TVEGANJA ZA DELOVNO MESTO 49
7.1 POSTOPEK OCENITVE TVEGANJA 50
8 SKLEP 54
9 VIRI, LITERATURA 56

KAZALO SLIK

SLIKA 1: PRIKAZ VIJAKA 12
SLIKA 2: OSNOVNE VELIČINE NAVOJEV 13
SLIKA 3: METRIČNI NAVOJ 14
SLIKA 4: TOLERANCE NAVOJEV 15
SLIKA 5: MATIČNI VIJAK 16
SLIKA 6: GLAVIČNI VIJAK 17

SLIKA 7: STEBELNI VIJAK 17
SLIKA 8: VIJAK Z ZAREZO 18
SLIKA 9: VAROVALNA ŠESTROBA MATICA 19
SLIKA 10: ŠTIRIROBA MATICA 19
SLIKA 11: VAROVANJE VIJAČNE ZVEZE Z LEPILOM 21
SLIKA 12: KRONSKA MATICA 21
SLIKA 13: NAČIN PRENOSA OBREMENITVE V NOSILNI VIJAČNI ZVEZI 24
SLIKA 14: NATEZNA SILA 25
SLIKA 15: ROČNI MOMENT KLJUČ 27
SLIKA 16: PRIKAZ DINAMIČNE MERITVE 28
SLIKA 17: KODIRNIK ZA MERJENJE MOMENTA PRIVIJANJA 29
SLIKA 18: POŠKODOVANI NAVOJ 30
SLIKA 19: PRIKAZ VSEH POTREBNIH KOMPONENT VIJAČNE ZVEZE 31
SLIKA 20: VARNOSTNA NAZOBČANA PODLOŽKA 31
SLIKA 21: PNEVMATSKI UDARNI VIJAČNIK 33
SLIKA 22: ELEKTRIČNI NADZOROVANI VIJAČNIK 35
SLIKA 23: BATERIJSKI VIJAČNIK 36
SLIKA 24: MONTAŽA ŠASIJE 38
SLIKA 25: SPOJENA ŠASIJA Z POGONSKO OSJO 39
SLIKA 26: PNEVMATSKI UDARNI VIJAČNIK 40

KAZALO TABEL

TABELA 1: PRIMERJAVA VIJAČNIKOV 45
TABELA 2: PRIKAZ IZRAČUNA ZA TVEGANJE 51
TABELA 3: ANALIZA TVEGANJA 52

1 UVOD

Zaposlen sem v podjetju, ki izdeluje avtomobile in avtomobilske dele v avstrijskem Gradcu. Podjetje je pomemben člen velikega svetovnega koncerna in eden največjih dobaviteljev v avtoindustriji. Na omenjeni lokaciji je zaposlenih cca 5000 ljudi. Glavne dejavnosti podjetja so razvoj, proizvodnja, dobava in sestava delov za avtomobilsko industrijo, celovita proizvodnja vozil več različnih znamk po naročilu, inženiring in razvoj novih tehnologij in vozil na področju obnovljivih virov. Avtoindustrija je izredno ciljno naravnana, saj so vsi procesi ves čas v fazi optimiranja in izboljševanja.

Paradni konj je proizvodnja terenskega vozila, ki se tukaj izdeluje že 40 let. Na več lokacijah se izdeluje podvozje, karoserije in sestavne dele. Veliko sestavnih delov in različnega drugega materiala ter komponent se uvozi od drugih proizvajalcev.

Na mojem delovnem mestu sestavljamo podvozje. Terensko vozilo je namenjeno vožnji po terenu, zelo slabih cestah, brezpotjih … Podvozje igra pri takšni vožnji ključno vlogo, da uspešno premaguje različne prepreke, luknje, neravnine. Obenem podvozje absorbira različne tipe in oblike podlag ter s tem poskrbi za udobje v kabini. Določeni varnostno pomembni deli (rezervoar, motor, menjalnik) na podvozju so pred poškodbami zaščiteni z namensko prirejenimi zaščitnimi ploščami iz pločevine. Podvozje terenskega vozila je sestavljeno iz veliko različnih delov in komponent, ki morajo biti sami po sebi dovolj robustni, da vzdržijo sile, ki vplivajo na njih. Osnovni deli in komponente so: okvir oz. šasija, pogonski osi, zavorni koluti in diski, kolesa, pogonske gredi, vijačne vzmeti, blažilci tresljajev, motor, menjalnik, diferencial, rezervoar goriva … Vse te komponente so pritrjene na osnovni del – šasijo.

Šasijo v tovarno dostavijo in je že zaščitena proti koroziji, je nosilna struktura vozila. Preden se prične proces proizvodnje oz. sestave, dobi vsaka šasija svojo lastno identifikacijsko številko VIN. Posebna naprava vrezuje številke in črke v železo. Vse skupaj je računalniško kontrolirano, da se onemogoči možnost človeških napak in možnost manipulacije.

Vsaka šasija ima svojo VIN, ki je edinstvena in sestavljena iz črk in številk ter razkriva informacije o vrsti vozila, proizvajalcu, državi proizvajalca, različici motorja, vrsti pogona in o nekaterih dodatkih, letu modela. Številka VIN je vpisana nato še na karoserijo oz. na različne dele ohišja, vetrobransko steklo, ob registraciji pa še v prometno dovoljenje.

1.1 Opis obravnavanega področja in opredelitev problema

V sklopu delovnega mesta se srečujemo z delovnim orodjem, ki je v neki točki morda že zastarelo, upravljanje z njim je oteženo. Predvsem zaradi teže in hrupa deluje dolgoročno slabo na psihofizične sposobnosti upravljavca. Učinkovitost delovanja v serijski proizvodnji, kjer šteje vsaka minuta, je v avtomobilski industriji zapisana z veliko začetnico. Pomembni so kakovostno opravljen proces, sledljivost, računalniško podprti sistemi, ki lahko shranjujejo in samostojno analizirajo potek procesa.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen in cilj diplomskega dela je z inženirskim pristopom rešiti obstoječi problem oz. izboljšati trenutno stanje. Proučiti želim vpliv zamenjave delovnega orodja z orodjem, ki ima računalniško podporo, da bi izboljšali kakovost delovnega procesa in proučili, ali novejše orodje upraviči visoko začetno investicijo.

Osnovne trditve, ki so bile zastavljene:

1. Z baterijskim vijačnikom, vodenim prek računalniškega sistema, se izboljša varnost pri delu z orodjem.
2. Izboljšava tehnologije vijačenja vpliva na psihofizične sposobnosti upravljavca orodja.
3. Kakovost procesa se poveča s spremembo tehnologije vijačenja.

1.3 Predpostavke in omejitve

V podjetju, kjer sem zaposlen, je močno prisotna konkurenca s tujih trgov, zato so vsi pomembni podatki, vrednosti, analize poslovna skrivnost. To je razumljivo, saj želijo v podjetju zaščititi lastno vlaganje in razvoj ter rezultate preteklega dela.

Soočil sem se tudi z izjemnim pomanjkanjem literature na to temo, saj je to specifično področje in je odvisno od vsakega obrata posebej, saj je veliko različnih tehnik in danih rešitev kot tudi mnogo različnih orodij, ki so na razpolago.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

V diplomskem delu bom uporabil sledeče metode: uporaba analize obstoječega in novega stanja, preučitev literature, ki je na voljo, izdelava ocene tveganja in analiza stanja prej in potem, ugotavljanje prednosti in slabosti obeh rešitev, trajnostni pristop.

2 VIJAČNE ZVEZE

Če želimo povezati dele ali komponente skupaj, jih lahko lepimo, kujemo, varimo ali spajkamo. Poleg prednosti imajo ti procesi veliko slabost: povezanih delov ni mogoče zlahka ločiti. To je drugače z vijačnimi zvezami, kjer se smatra ta povezava kot razstavljivi spoj dveh ali več delov iz enakih ali različnih gradiv z uporabo posebnih strojnih delov s sovpadajočim navojem – vijak in matica. Vijak je strojni del iz kovinskega ali nekovinskega gradiva z zunanjim navojem. V vijačni zvezi je matica samostojni strojni del ali pa je del spajanega strojnega dela z izdelanim notranjim navojem, da pritrdimo dva dela skupaj in jih po potrebi ponovno odvijemo. Vijačne zveze spadajo med razstavljive spoje strojnih delov in jih ob spajanju strojnih delov uporabljamo tudi za tesnjenje, napenjanje, merjenje in prenos gibanja. Razstavljive zveze so tiste, pri katerih veznega elementa ne uničimo, ko zvezo razstavimo, in ga lahko uporabimo pri ponovnih zvezah. Vijak je najbolj pogosto in vsestransko uporabljen strojni element, ki skupaj z matico in podložko tvori vijačno zvezo.

Poznamo več vrst vijačnih zvez:

- nosilne vijačne zveze so najpogosteje uporabljene, uporabljamo jih za pritrdilne, razstavljive zveze raznih strojnih delov, izpostavljenih različnim obremenitvam; izvedene s prednapetjem ali brez njega;
- prilagodne vijačne zveze za pritrdilne, razstavljive zveze raznih strojnih delov s prilagodnimi vijaki, ki dobro prenašajo strižne obremenitve in istočasno centrirajo spajane dele; izvedene s prednapetjem ali brez njega;
- gibalne navojne zveze so namenjene za prenos in spreminjanje krožnega gibanja v premočrtno in obratno; dosegamo velike osne sile pri majhnih obodnih silah;
- tesnilne vijačne zveze so namenjene za zapiranje vstopnih in izstopnih odprtin s posebej oblikovanimi vijaki;
- nastavne vijačne zveze za nastavljanje raznih naprav in pri regulaciji ventilov;
- merilne vijačne zveze za merjenje dolžin pri mehanskih merilih.

Vijačne zveze odlikujejo tako prednosti kot slabosti.

Prednosti (Academia, 2020):

- medsebojno lahko spajamo vse materiale;

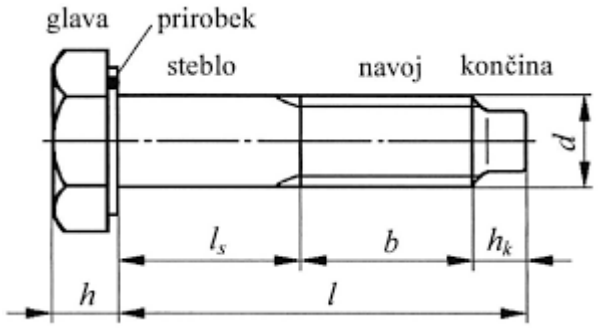
- vijačne zveze lahko poljubno razstavljamo in ponovno sestavljamo;
- nizki nabavni stroški in enostavna zamenljivost vijakov in matic;
- nosilnost, sorazmerna velikosti in kakovosti uporabljenega vijaka in matice;
- vijačne zveze zelo dobro prenašajo dinamične obremenitve.

Slabosti (Academia, 2020):

- oslabitev prerezov spajanih delov in velik zarezni učinek zaradi luknje ali izvrtine z navojem;
- visoke koncentracije napetosti na mestih naleganja glave vijaka ali matice na površino, spajanih delov in v ujemu navojev;
- stalno napetostno stanje v okolici vijačne zveze pri prednapetih vijačnih zvezah.

2.1 Vijaki

Vijake uporabljamo za razstavljive zveze. Vijak je strojni del oziroma strojni element, ob namenski uporabi pa lahko postane tudi del mehanizma ali stroja. Izdelan je iz kovinskega ali nekovinskega materiala in ima zunanji navoj. Vijak je sestavljen iz glave, stebla, navoja in končine. Na steblu je navoj bodisi na delu ali celotni dolžini od končine do glave. Dolgi vijaki imajo običajno navoj samo na enem delu stebla. Navoji, ki so neprekinjeni na celotni površini stebla do glave, običajno niso potrebni.



d – imenski premer navoja

h – višina glave vijaka

l – dolžina stebla vijaka

l_s – dolžina stebla brez navoja

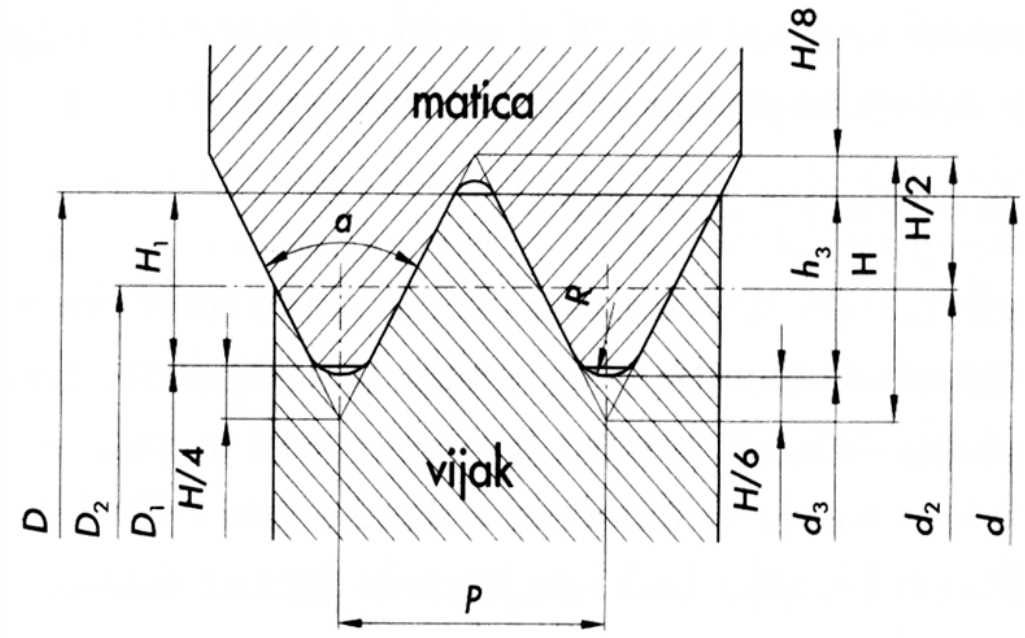
b – dolžina navoja

h_k – višina končine

Slika 1: Prikaz vijaka

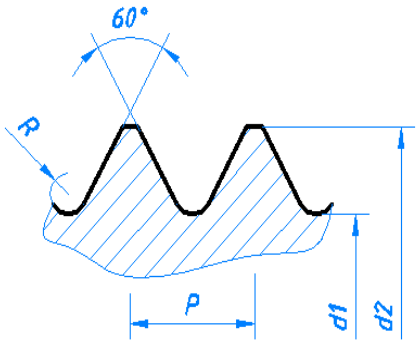
Vir: (Academia, 2020)

Velikosti navojev in njihove oblike so standardizirane. Vijačnica je osnova navoja. Krivulji, ki nastane, ko ovijemo okrog pokončnega valja trikotno ravnino, katere osnovnica je enaka obsegu valja, pravimo vijačnica. Vijačnico na površini valja opiše hipotenuza trikotnika. Hipotenuza je proti vodoravni osi nagnjena za kot γ, ki ga imenujemo kot vzpona vijačnice. Če ovijemo trikotno ravnino okrog valja v desno smer, nastane desna vijačnica, če jo ovijemo v levo, nastane leva vijačnica. Razdaljo med dvema na vijačnici v osni smeri enako ležečima točkama imenujemo višina navoja ali korak navoja. Del vijačnice, ki leži med tema dvema točkama, je en navoj (zavoj). Vzpon vijačnice je enak rotaciji vijačnice za 360°. Konična vijačnica nastane, če se vijačnica giblje po konični površini (prisekani stožec). Zunanji navoj imenujemo navoj, ki se vije po zunanji steni valja. Navoj, ki se vije po steni valjaste luknje, pa imenujemo notranji navoj. Večkratni navoj dobimo, če se po valju vije več vzporednih vijačnic. Uporabljamo dvojni in trojni navoj. Hitrost vijaka je razdalja med zaporednimi navoji. Meri se v milimetrih na vrtljaj v srednji Evropi (M = metrična navoj – ISO). Anglosaksonske države uporabljajo tako imenovani standard ZN (poenoteni standard).



Slika 2: Osnovne veličine navojev

Vir: (Študentski. Net: Razstavljive zveze)



Slika 3: Metrični navoj

Vir: (http://www.mikrovit.si/VijakiMetricni.html)

Glede na uporabo in namen razlikujemo naslednje vrste vijakov (Academia, 2020):

- pritrdilni vijak – namenjen je za razstavljive zveze strojnih delov vseh vrst;
- prilagodni vijak – prenaša strižne obremenitve in obenem centrira položaj delov, ki ju veže;
- vijak za prenos gibanja (gibalni vijak — vreteno) – uporabljamo ga za prenos in spreminjanje premočrtnega krožnega gibanja in obratno. Dosegamo velike osne sile pri majhnih vrtilnih elementih. Uporabljamo ga za premikanje delov obdelovalnih strojev, stiskalnic, dvigalk itd.;
- tesnilni vijak – uporabljamo ga za zapiranje vstopnih in izstopnih odprtin v rezervoarjih, npr. pri gonilih, valjih, oljnih rezervoarjih in armaturah;
- vijak za nastavljanje – uporablja se za nastavljanje instrumentov, za regulacijo ventilov itd., ker omogoča zelo natančne premike;
- merilni vijak – uporablja se za natančna merjenja pri mehanskih (vijačno merilo) in tudi pri drugih merilnih pripravah;
- napenjalni vijak – uporablja se pri napenjalkah z enim ali dvema vijakoma. Eden od vijakov ima levi, drugi pa desni navoj. Z njim napenjamo telefonske vode in pritrjujemo različna stojala (mrežo za tenis, mrežo za odbojko itd.).

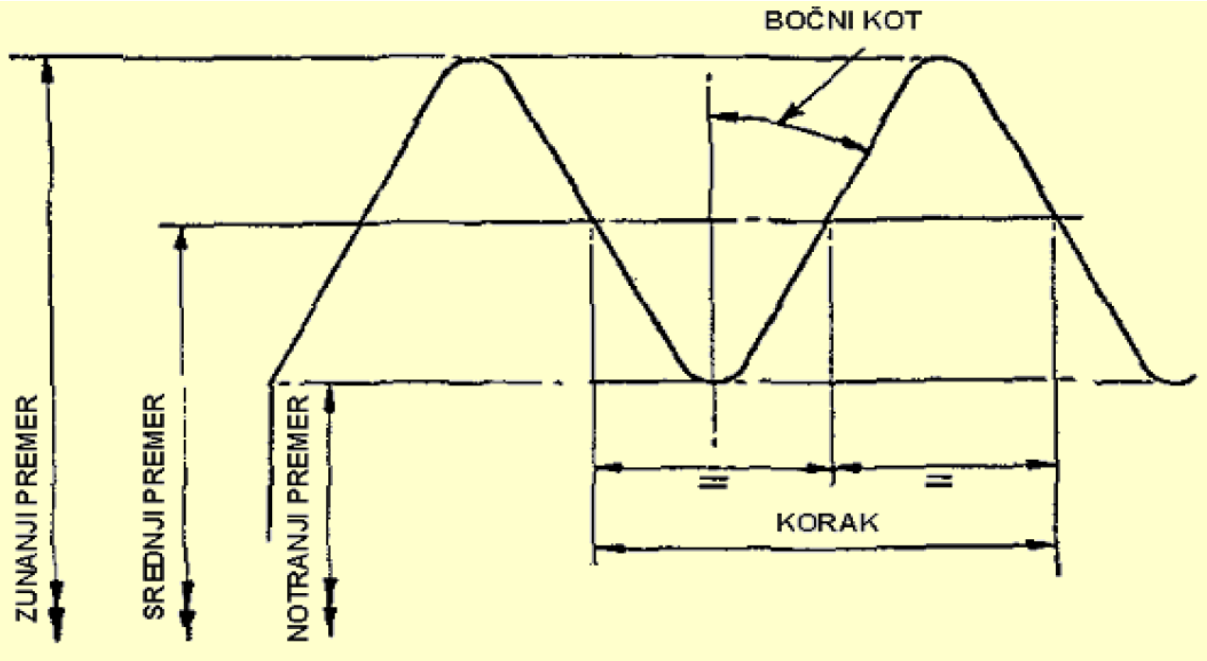
2.1.1 Končine in izteki navojev

Končina je na nasprotni strani od glave vijaka. Oblika končine omogoča lažje privijanje in varuje navoj.

Iztek navoja je oblika, s katero preide navoj v steblo ali v izvrtino (Praprotnik, 2003).

2.1.2 Tolerance navojev

Vsi navoji morajo biti izdelani z določeno toleranco, da je zajamčena zamenljivost vijaka in matice, zadostna nosilnost zveze in dovolj velik ohlap v vrhu profilov navojev vijaka in matice.



Slika 4: Tolerance navojev

Vir: (https://blogs.ib-caddy.com/)

Standard SIST ISO 4959 – 1 predpisuje tolerance navojev kot tudi kakovost površin in pravokotnost glave glede na vijačno steblo v naslednjih kakovostnih razredih izdelave:

- **razred A:** fini kakovostni razred izdelave (primerni za uporabo v merilni tehniki in finomehaniki);
- **razred B:** srednji kakovostni razred izdelave (za uporabo v gradbeništvu in v strojništvu, predpisane so mehanske lastnosti vijakov in matic);

- **razred C:** grobi kakovostni razred izdelave (uporabljamo za široko potrošnjo, sem prištevamo vijake in matice, ki so v splošni uporabi, predpisi ne določujejo njihovih lastnosti).

2.1.3 Konstrukcijske oblike vijakov

Konstrukcijske oblike strojnih delov se določa glede na:

- njegove funkcionalnosti v sklopu stroja ali strojne naprave,
- namen, za katerega bo uporabljen,
- pogoje njegove delovne sposobnosti,
- pogoje in ekonomičnost njegove izdelave in obdelave.

Glede pogojev delovne sposobnosti strojnega dela mora oblika vijaka ustrezati osnovnim zahtevam (Mario Hubert Gangl, 2010):

- strojni del mora imeti tako obliko, da je zagotovljena čim bolj enakomerna porazdelitev napetosti po obremenitvenem prerezu, kar vpliva na nosilnost;
- strojni del, ki je povezan z drugimi deli v celoto, mora biti oblikovan tako, da je zagotovljeno prenašanje obremenitve po vsej predvideni dotikalni površini. To je pogoj zaradi površinske trdnosti strojnega dela.

Vijake ločimo glede na namen uporabe in konstrukcijsko obliko.

Matični vijak skupaj z matico tvori vijačno zvezo – predpisane so mere, masa kot tudi kakovost izdelave in oblika.



Slika 5: Matični vijak

Vir: (Lastni vir)

Glavični vijak je primeren za uporabo v vijačni zvezi brez uporabe matice. Zanj veljajo enaki standardi kot pri matičnih vijakih.



Slika 6: Glavični vijak

Vir: (Lastni vir)

Stebelni vijak ima le steblo (brez glave vijaka). Zelo uporaben je pri vijačnih zvezah, ki se večkrat razstavljajo.



Slika 7: Stebelni vijak

Vir: (Reca e shop)

Vijak z notranjim šestrobom in valjasto glavo – inbus vijak je zelo priročen, saj s svojo obliko prihrani prostor.

Štirirobi vijak s prirobkom je uporaben pri nastavljanju in varovanju lege dveh ali več strojnih delov.

Vijak z nastavkom in polokroglo glavo s svojo obliko preprečuje, da se vijak zavrti.

Prilagodni vijak: njegovo steblo je obdelano na toleranco k6. Uporablja se povečini za točno naleganje strojnih delov, centriranje in za prenašanje strižne obremenitve.

Vijaki z zarezo za uporabo v finomehaniki in za izdelavo merilnih pripomočkov. Glave vijakov so različnih oblik in imajo različne vrste zarez (Šolski center Velenje, 2018).



Slika 8: Vijak z zarezo

Vir: (http://ramainox.si/)

2.2 Matice

Matica je sestavni del vijačne zveze z notranjim navojem. V splošni strojegradnji so največkrat v uporabi naslednje vrste matic:

- **normalna šestroba matica** je v praksi največkrat uporabljena. Območje izdelave določujejo premeri od M 5 do M 100. Matica ima višino m = 0,8 d;
- **varovalna šestroba matica:** od normalne šestrobe matice se razlikuje le po višini m = 0,5 d in uporabi. Vijačno zvezo zavaruje pred odvitjem (slika 9);



Slika 9: Varovalna šestroba matica

Vir: (Lastni vir)

- **visoka šestroba matica** je po obliki zelo podobna normalni šestrobi matici. Razlikujeta se po namenu uporabe in njeni višini. V zelo obremenjenih konstrukcijah jo uporabljamo za pritrjevanje delov;
- **kronska matica:** z razcepko vijačno zvezo zavaruje pred odvitjem;
- **zaprta matica:** vijak oz. njegovo čelo lahko z zaprto matico zavarujemo pred poškodbami;
- **štiriroba matica** je uporabna pri spajanju kovinskih delov z lesenimi konstrukcijami, pogosto uporabljena tudi v elektrotehniki;



Slika 10: Štiriroba matica

Vir: (http://www.ces.si/)

- **šestroba matica z vencem:** v uporabi pri vijakih na železniških tračnicah in v vijačnih zvezah, kjer lahko izpade podložka;
- **narebrena matica:** primerna za ročno privijanje in odvijanje;
- **krilna matica:** v uporabi, kjer se vijačne zveze pogosto sestavljajo in razstavljajo;
- **obročna matica:** z njimi privijamo velike in težke strojne dele, ki jih prenašamo in dvigamo z žerjavom. Pogosto v uporabi kot obročni vijak;

- **okrogla matica:** z njimi pritrjujemo strojne dele na gredi in kjer imamo malo prostora na razpolago. Ima estetski videz.

2.3 Podložke

Podložka je namenjena povečanju ali utrditvi nosilne površine pod glavo vijaka ali proti odvitju vijaka. Ponavadi jo podlagamo pod matico, v nekaterih primerih pa tudi pod glavo vijaka. Podložke uporabljamo z naslednjim namenom:

- da se ne poškoduje matica, če je podlaga hrapava;
- da se zagotovi pravokotna lega vijaka proti podlagi;
- da se matica ne zaje v mehko podlago;
- da se zmanjša trenje med matico in podlago pri privijanju;
- če je premer izvrtine večji od normalnega ali če je luknja ovalna;
- če je navoj pod matico prekratek.

V praksi največkrat uporabljamo naslednje vrste podložk (Simončič, Drago, 2020):

- obdelana podložka se uporablja skupaj s šestrobo matico za pritrjevanje elementov na jeklene konstrukcije. En rob ima posnet;
- neobdelana podložka je izsekana iz pločevine (štancana) brez nadaljnje obdelave. Uporablja se za manj zahtevne konstrukcije;
- kaljena podložka je podobna obdelani, le da je obdelana z obeh strani (posneta robova);
- podložka za lesene konstrukcije se izdeluje v dveh izvedbah: tip 1 (z okroglo luknjo) in tip 2 (s kvadratno luknjo);
- klinasta podložka se uporablja za pritrjevanje strojnih delov na jeklene konstrukcije, izdelane iz I- ali U-profilov. Ker imata ta profila nagib proti podlagi, mora podložka zagotoviti pravokotnost zveze. Ker se oba profila le malo razlikujeta v nagibu, so podložke (da jih ne zamenjamo) označene z enim ali dvema uvaljanima žleboma.

2.4 Varovanje vijačnih zvez pred odvitjem

Proti odvitju zavarujemo vijačne zveze, kjer trenje med navojem matice in vijaka ni dovolj veliko, da se zveza ne more zrahljati in odviti (pri dinamičnih obremenitvah). Poznamo mehanska in torna varovanja vijačnih zvez proti odvitju.

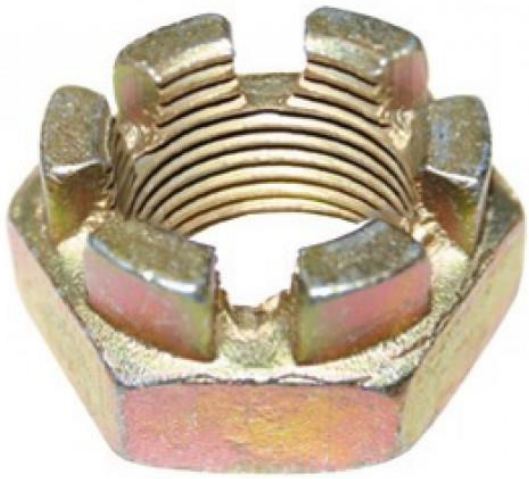
Mehanska varovanja

Pri teh varovanjih z dodatnim elementom preprečimo odvitje matice. Uporabimo lahko zavarovanje vijačne zveze s kronsko matico in razcepko, zavarovanje vijačne zveze s posebno oblikovanimi podložkami, lahko se uporabljajo lepila za navoje.



Slika 11: Varovanje vijačne zveze z lepilom

Vir: (https://www.avto-popravila.si/si.html)



Slika 12: Kronska matica

Vir: (https://shop.reca.si/)

Torna varovanja

Pri tornih varovanjih vijačnih zvez proti odvitju povečamo tlak med navojem vijaka in matice, s tem pa tudi trenje, ki preprečuje odvitje matice (Academia, 2020).

2.5 Materiali vijakov in matic

Material vijakov in matic je v strojegradnji standardiziran po SIST EN 20898-1, ki predpisuje potrebno sestavo jekla in njihove trdnostne lastnosti (vijaki imajo 10 trdnostnih razredov, matice pa tri). S predpisano sestavo jekla želimo doseči dovolj veliko trdnost in žilavost, velik raztezek in majhno občutljivost za zareze. Vijake in matice izdelujemo s postopki valjanja (večji premeri), vlečenja, stiskanja in odrezovanja (manjši premeri). Posamezne dele vijakov in matic naknadno brusimo, da dosežemo različne kakovosti izdelave. Jekleni vijaki in matice so navadno zaščiteni proti koroziji s fosfatiranjem (Zn6) ali galvanskim pocinkanjem in kadmiranjem (Cd6).

Trdnostni razredi vijakov in matic SIST EN 20898-1

Trdnostni razred vijaka	Gradivo vijaka in toplotna obdelava	Natezna trdnost R_m [N/mm^2]		Meja plastičnosti R_e oz. $R_{p0,2}$ [N/mm^2]		Raztez-nost A_5 [%]	Trdnostni razred matice
		nom.	min.	nom.	min.		
3.6	Konstrukcijska jekla s C ≤ 0,20%	300	330	180	190	25	**3**
4.6	Konstrukcijska jekla s C ≤ 0,55%	400	400	240	240	22	**4**
4.8			420	320	340	14	
5.6	Konstrukcijska jekla s C ≤ 0,55%	500	500	300	300	20	**5**
5.8			520	400	420	10	
6.8		600	600	480	480	8	**6**
8.8	Konstrukcijska jekla s C ≤ 0,40% in dodatki (npr. Bor, Mn, Cr) ali s C ≤ 0,55%, poboljšana in kaljena	800	800[1)]	640	640[1)]	12	**8**
			830[2)]		660[2)]		
9.8[1)]		900	900	720	720	10	**9**
10.9	Konstrukcijska jekla s C ≤ 0,55% in dodatki, legirana jekla, pob. kal.	1000	1040	900	940	9	**10**
12.9	Legirana jekla, pobolj. in kaljena	1200	1220	1080	1100	8	**12**

[1)] velja za $d \leq 16$ mm. [2)] velja za $d > 16$ mm oziroma $d > 12$ mm pri vijakih za jeklene konstrukcije.

Slika 11: Trdnostni razredi vijakov in matic

Vir: (Academia, 2020)

Pri izbiri materiala za strojni element je pomembno, da upoštevamo :

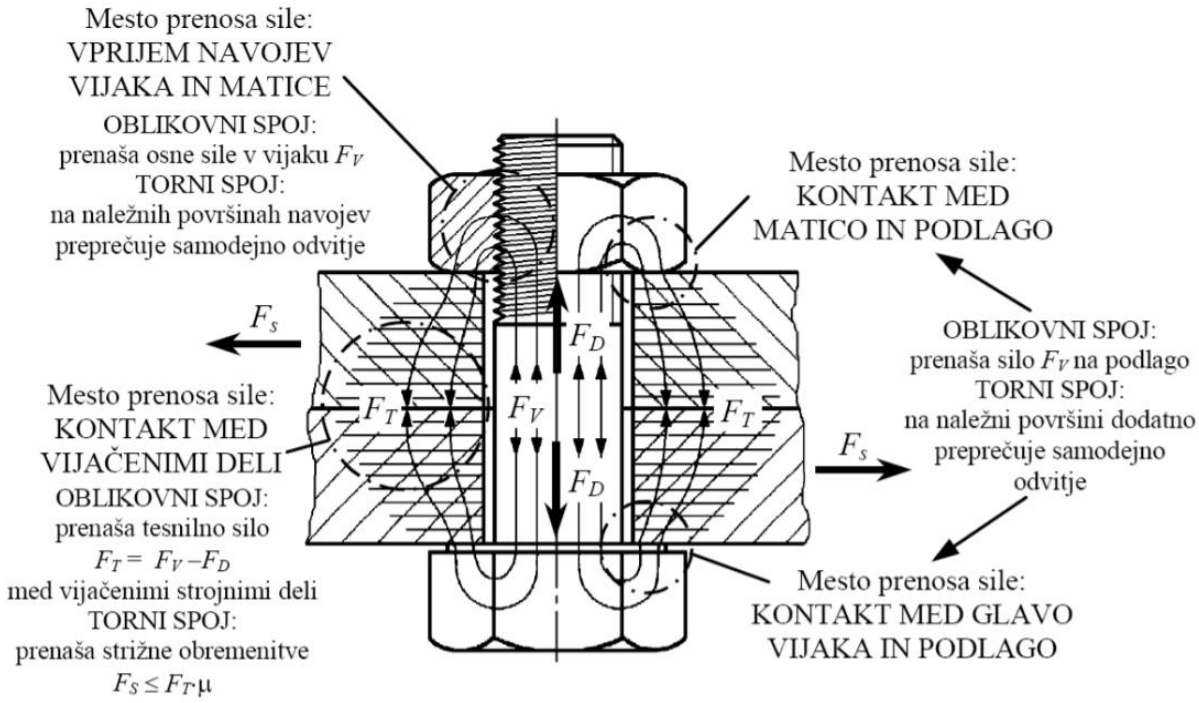
- pogoje uporabe: material mora ustrezati delovnim pogojem strojnega elementa glede na karakteristike in mehanske lastnosti, ki so: teža materiala, površinska trdota, njegova odpornost proti obrabi in koroziji, drsne lastnosti le-tega, dinamična in statična trdnost materiala itd.;
- tehnološke pogoje: material mora imeti lastnosti, ki omogočajo čim boljšo ter čim enostavnejšo izdelavo in obdelavo, te pa so: dobra obdelovalnost, livnost, kovnost, varivost, vlečnost, stisljivost in ustreznost za termično obdelavo;
- ekonomske pogoje: material mora biti izbran tako, da je cena izdelanega strojnega elementa čim nižja; upoštevati je treba ceno materiala in stroške obdelave, hitrost nabave, čim nižje transportne stroške in podobne okoliščine.

2.6 Medsebojno delovanje sil

Vijak je izpostavljen različnim silam. Sile povzročajo napetosti:

- Fv – natezna sila,
- Fs – prečna sila,
- Fd – tesnilna sila.

Način prenosa obremenitve v nosilni vijačni zvezi

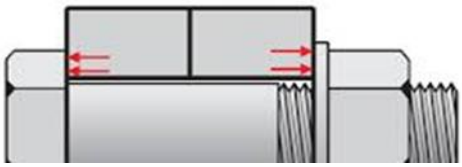


Slika 13: Način prenosa obremenitve v nosilni vijačni zvezi

Vir: (Academia, 2020)

Praviloma je zaželeno, da je vijak najšibkejši člen spojine. Običajno je bolje, da vijak, ki je relativno poceni, popusti, kot da je sestavni del poškodovan. Za kakovost povezave ni odločilna le velikost vijaka, ampak tudi natezna sila. Biti mora dovolj velika, da lahko prenese celotno obremenitev, za katero je povezava zasnovana. Poleg tega se povezava ne sme nenamerno sprostiti, če je izpostavljena drugim silam. S pomočjo navora se prenese natezna sila na vijačno povezavo in stisne sestavne dele vijačne zveze skupaj.

Kakovost materiala vijaka označuje, kakšno natezno obremenitev lahko vijačna zveza prenese, preden pride do porušitve. Vsi vijaki morajo biti označeni glede na kakovost vijaka ali trdnost obremenitev vijaka.



Slika 14: Natezna sila

Vir: (Študenski.net, Vezna sredstva)

Moment privitja in vrtilni kot

Iz praktičnih razlogov je običajno moment privitja specificiran in določen z natezno silo vijaka. To je »sila«, ki jo je treba uporabiti za privitje vijaka, tako da je povezava trajno in varno nameščena brez preobremenitve posameznih delov.

Specifikacije momenta privijanja se zelo razlikujejo glede na zahteve glede kakovosti v vijačni zvezi. V motornih vozilih je veliko različnih komponent, ki so pomembne z varnostnega vidika, kjer se vijačna zveza ne sme zrahljati ali odviti ali kakorkoli poškodovati.

Višjo raven zagotavljanja kakovosti vijačne zveze je mogoče doseči z merjenjem ne le momenta privitja, ampak tudi z delom kota vrtenja ali zategovanja. To je kot, okoli katerega se vijak vrti od nastavitve ključa na glavo vijaka do končnega zategovanja. Praviloma je to več vrtljajev, to je pri petih vrtljajih: 5 x 360° = 1800°. Da bi bile vrednosti jasne in primerljive – vijaki bi lahko bili vnaprej zasukani z dvema prstoma – sodobni krmilni kontrolniki vijačnika zagotavljajo minimalni moment privitja, po katerem se mora začeti štetje vrtljajev ali kota vrtenja.

V elastičnem predelu vijaka je mogoče s pomočjo kota vrtenja preveriti, ali so prisotni vsi sestavni deli povezave, na primer tesnila ali podložke. Kakovost vijačnega priključka se lahko preveri z merjenjem kota zategovanja, tik preden dosežemo ciljni moment privitja, in pri končnem zategovanju (Copco, Atlas, 2020).

2.7 Standardizacija

Prednosti standardizacije in tipizacije:

- omogočata hitro in zanesljivo zamenjavo poškodovanih ali izrabljenih delov. Proizvodni proces se poenostavlja, znižujejo se proizvodni stroški in poraba energije;

- omejujeta število vrst in velikosti delov ter omogočata organizacijo množične proizvodnje. Standardizacija in tipizacija olajšata delo konstruktorju, ker se lahko posveti problemom konstruiranja, ta standardnih delov ne riše, ampak izbira najugodnejše elemente, ki jih bo vgradil v svojo konstrukcijo;
- poenostavlja se raba naprav, ki so istega tipa, a različnih velikosti, in tudi proizvodnjo le-teh;
- omogočata izbiro ali uporabo izdelkov različnih proizvajalcev in s tem posredno vplivata na tržno konkurenco. Tipizacija in standardizacija sta procesa, ki se nenehno spreminjata in prilagajata trenutnim potrebam in tehničnim dosežkom človeštva. Ko govorimo o standardizaciji, moramo omeniti tudi pojem tipizacija. Pri procesu tipizacije iz množice različnih elementov, ki opravljajo podobne funkcije, izberemo enega ali nekaj najbolj značilnih elementov. Izbrani elementi postanejo tipični elementi in nadomestijo vse ostale, ki jih opustimo.

Slovenski standard

Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST)

Slovenski nacionalni organ za standarde je odgovoren za vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje nacionalnega sistema standardizacije, ki je mednarodno primerljiv. Vsem zainteresiranim zagotavlja slovenske nacionalne in druge standarde, Slovenijo predstavlja v mednarodnih in evropskih organizacijah za standardizacijo ter omogoča ustvarjalno sodelovanje vseh zainteresiranih v Sloveniji pri zastopanju nacionalnih interesov v procesu evropske in mednarodne standardizacije. Standarde SIST lahko iščemo v spletnem katalogu, http://www.sist.si. Slovenski standardi so praviloma prevzeti mednarodni ali evropski standardi. Označujejo se s kratico SIST in dodatno oznako, ki je enaka oznaki prevzetega standarda (Academia, 2020).

2.8 Preizkusne in merilne metode

Če so vrednosti momenta privitja za vijačno zvezo vnaprej določene, se postavlja vprašanje, kako lahko preverimo in ali je bila povezava privita s pravilnim momentom.

Moment privitja se lahko meri dinamično, to je med pritrjevanjem vijaka, ali statično, z ročnim momentnim ključem po zategovanju.



Slika 15: Ročni momentni ključ

Vir: (https://www.top-nova.si/)

Vendar pa je koncept »statične« meritve lahko malo zavajajoč. Momentni ključ deluje na vijačno zvezo in lahko obrne vijak malo dlje, tako da se moment privitja še naprej povečuje. Kljub temu je uporaba nastavljivega momentnega ključa pogosta metoda za preverjanje momenta privitja vijačne zveze. Momentni ključ ima sklopko, ki jo je mogoče nastaviti na določen moment in je nameščena na vijak. Statični trenutek zategovanja se odčita v trenutku, preden se vijak začne vrteti. Če je moment privitja vijačne zveze večji od prednastavljenega, se ključ odpre z enim klikom. Če je moment privitja manjši, lahko vijačno zvezo še bolj zategne, dokler se momentni ključ ne odpre.

Pri dinamičnem merjenju se moment privijanja ves cikel zategovanja spremlja. Ta metoda je še posebej primerna za proizvodnje, kjer se uporabljajo krmiljeni električni vijačniki. Dinamični proces ima prednost pred statično metodo, ker zagotavlja stalne informacije o učinkovitosti vijačnika. Zato ta postopek ne zahteva naknadnega pregleda.



Slika 16: Prikaz dinamične meritve

Vir: (https://www.x-sensors.de/de)

Dinamične meritve se izvajajo neposredno z vgrajenim ali ločenim senzorjem ali posredno, na primer s tokovnim merjenjem z bolj kompleksnimi električnimi vijačniki. V obeh primerih je merjenje momenta privijanja mogoče le, če imajo orodja prenos momenta privijanja z neposrednim delovanjem, to je, če nobena sila ne deluje na orodje, kot je to v primeru udarnih ključev in impulznih izvijačev.



Slika 17: Kodirnik za merjenje momenta privijanja

Vir: (https://www.x-sensors.de/de)

Med izhodno močjo in vijačnim ključem je nameščen kodirnik v liniji. Kodirnik je v bistvu votla gred z upori, ki zaznavajo elastično deformacijo. To deformacijo povzroča uporabljen moment privijanja. Naprava ustvari električni signal, ki ga je mogoče obdelati z merilnim instrumentom. In-line kodirniki so na voljo tudi z vgrajenim kotnim kodirnikom, ki spremlja kot vrtenja.

Ker mora biti ohišje pritrjeno s konektorjem za signalni kabel tako, da se ne vrti, linijski pretvornik ni primeren za neprekinjeno spremljanje momenta privijanja v proizvodnji serij. Vendar je za vgradnjo orodja, njegovo umerjanje in za nadzor kakovosti oddajnik v liniji najpogostejši instrument za preverjanje momenta privijanja.

V montažnih linijah, kjer je treba spremljati kakovost vijačnih priključkov 100-odstotno – ali če je postopek vijačnice krmiljen z momentom privijanja – je kodirnik običajno nameščen v vijačni sistem.

V vijačnikih z menjalniki obstajajo različni položaji, kjer je mogoče namestiti kodirnik. Vendar se ne sme namestiti na motor (čeprav bi bilo to v smislu konstrukcije ugodnejše),

temveč čim bližje pogonski osi orodja, tako da izmerjeni moment privijanja že vključuje motnje sil, ki delujejo na gred.

Za nadzor statističnih procesov (SPC) so lahko elektronski moment, ključi in preskusne naprave programirani tako, da shranijo več izmerjenih vrednosti, ki se nato analizirajo ročno ali z računalnikom (Copco, Atlas, 2020).

2.9 Najpogostejše napake pri vijačenju

S spremljanjem momenta privijanja v procesu ali po zaključku privijanja želimo zagotoviti, da je bila dosežena pravilna natezna trdnost. Vendar samo moment privijanja ne zagotavlja 100-odstotne zanesljivosti, da natezna trdnost za obremenitev vijačne zveze, za katero je bila načrtovana, zadostuje. Obstaja več vrst napak, ki se pojavijo in povzročajo nepravilno prednapetje vijaka, tudi če je moment privijanja pravilno dosežen: na primer poškodovani navoji, manjkajoči sestavni deli ali pojav deformacije vijaka itd. (Copco, Atlas, 2020).

2.9.1 Poškodovani navoji

Poškodovani ali pomanjkljivi navoji povečajo upor pri privijanju vijačne zveze, zato se lahko prednastavljeni moment privijanja doseže pred pravilno natezno silo. Poškodovane navoje lahko zaznamo tako, da spremljamo tudi kot vrtenja: v takih primerih nadzorna enota vijačnika nadzoruje moment privijanja in obenem prav tako poskrbi, da se zagotovi najmanjše število vrtljajev, ki so potrebni za ustrezno natezno trdnost.



Slika 18: Poškodovani navoj

Vir: (Lastni vir)

2.9.2 Manjkajoče komponente vijačne povezave

Pogosta težava v industrijski proizvodnji je, da upravljavec vijačnika pozabi vstaviti podložko ali tesnilo, če je to potrebno in predpisano v vijačno zvezo. Ne glede na druge posledice

odsotnost sestavnih delov vodi do drugačne vrednosti momenta privijanja in s tem na drugačno tesnilno silo. Sodobna orodja ali nadzorne enote odkrijejo to napako v procesu privijanja in obvestijo upravljavca.



Slika 19: Prikaz vseh potrebnih komponent vijačne zveze

Vir. (rittal.com)

2.9.3 Usedanje ali poravnava vijačne zveze na površino materiala

Usedanje vijačne zveze se med drugim pojavi pri privijanju mehkih materialov, debelejšem nanosu barve, pri dodanih tesnilih, hrapavosti materiala na vijačnem spoju, raznih nepravilnostih itd.



Slika 20: Varnostna nazobčana podložka

Vir: (https://webshop.schachermayer.com/)

Na sliki 20 je prikazana varnostna nazobčana podložka. Ko se vijak oziroma matica zategne, se radialne brazde na podložki vtisnejo v nasprotno podlago.

Vpliv dejavnikov površine materiala zelo pogosto povzroča težave pri spremljanju kakovosti vijačnih sistemov. Pojav usedanja ali poravnave materiala je mogoče le v redkih primerih natančno izračunati vnaprej. Skoraj vedno jih je treba določiti z vnaprejšnjimi testi in analizo

podatkov. Rezultat te analize vijačnih spojev je določitev primernega momenta privijanja in idealne metode zategovanja.

V primeru takšne »mehke povezave« vijačnik najprej privije vijak do določenega momenta privijanja in ga nato odvije ter zopet privije do pravilnega prednastavljenega momenta privijanja. Končni moment privijanja vsebuje informacije o pojavu usedanja in njenem vplivu na silo prednapetja.

Če ta ukrep ne zadostuje, obstaja možnost izvedbe zategovanja v več fazah. To lahko naredimo na primer z zategovanjem na 80 % končnega momenta privijanja, s poznejšim čakalnim časom in poznejšim končnim zategovanjem. Tukaj je mogoča vsaka kombinacija predhodnega zategovanja, čakalnega časa, popuščanja povezave in ponovnega zategovanja.

Za veliko število vijačnih povezav je bilo dokazano, da večina postopka nastavitve vijačne zveze poteka v prvih milisekundah po zategovanju. To pomeni, da lahko nekatere problematične primere izboljšamo že z nižjo hitrostjo vijačnika, saj je med postopkom zategovanja že potekal velik del pojavov usedanja.

2.10 Postopek vijačenja

Postopek vijačenja pomembno vpliva na kakovost vijačne zveze. Različna orodja imajo različne načine in postopke privijanja vijaka, ki lahko nato vplivajo na vijačne zveze. Poleg tega ima vrsta uporabljenega orodja pomemben vpliv na rezultat zategovanja. Neposredno usmerjena orodja, kot so majhni ali rotacijski vijačniki, imajo največjo moč, določeno z motorjem in prestavnim razmerjem. Danes so neposredno usmerjeni vijačniki običajno opremljeni z napravo (npr. sklopko), ki zaustavi postopek vijačenja pri določenem momentu privijanja.

Udarni vijačnik in pulzni vijačnik pretvorita motorno silo v moment privijanja tako, da izmenično vklapljata in izklapljata udarno energijo med postopkom vijačenja. Po tem principu lahko ustvarimo zelo močna orodja z relativno majhno velikostjo in težo.

Najpomembnejši razlog za uporabo orodij za vijačenje na motorni pogon v industriji je skrajšanje procesnih časov. Vijačniki na motorni pogon se vrtijo veliko hitreje kot človeška roka in se lahko tudi natančneje izklopijo. Zato je glavni poudarek na najvišji možni hitrosti orodja (Copco, Atlas, 2020).

3 VRSTE ORODIJ

3.1 Udarni vijačnik

Udarni vijačniki delujejo na principu, kot da bi ročno zategnili vijak ali matico. Moment privitja se povečuje iz udarca v udarec. Pri udarnih vijačnikih, ki jih poganja motor na stisnjen zrak, je udarec skupna masa rotorja in udarnega mehanizma, ki sproščata svojo kinetično energijo enkrat ali dvakrat na vrtljaj na nakovalu. Udarni ključ je primeren za privijanje vijakov v procesih, ki ne zahtevajo posebne natančnosti.

Udarni ključi imajo prednost, da razvijejo relativno visoko zmogljivost z majhno velikostjo in težo.

Slabosti sta razmeroma glasen procesni hrup ter težavnost merjenja in nadzorovanja uporabljenega momenta privijanja (Copco, Atlas, 2020).



Slika 21: Pnevmatski udarni vijačnik

Vir: (https://www.atlascopco.com/de-de/itba/products/assembly-solutions/pneumatic-assembly-tools/impact-wrench/lms)

3.2 Pulzni vijačnik

Hidropnevmatski pulzni vijačnik ima vse prednosti udarnega vijačnika – odlikujejo ga odzivnost, hitrost, kompaktnost, moč, nima pa podobnih slabosti. Ti vijačniki delujejo veliko tišje kot udarni vijačniki, vendar pa dinamično merjenje momenta privitja tudi tukaj ni mogoče.

Pri impulznih vijačnikih se moment privitja ne ustvarja z udarci kovine na kovino, temveč s hidravlično blazino v majhni pulzni celici. Poleg ravni hrupa ta tehnika zmanjšuje tudi

vibracije orodja in zagotavlja visoko natančnost pri zategovanju. To se doseže z nadzorovanjem hidravličnega tlaka v pulzni celici, ki omejuje uporabljen moment, ko je dosežena prednastavljena vrednost. Tako se vrednost ne povečuje (za razliko od udarnega vijačnika), ne glede na to, kako dolgo pustimo, da vijačnik še naprej deluje.

Zaradi svoje uporabnosti, visoke hitrosti, nizkega hrupa in manj vibracij kot tudi visoke natančnosti so impulzni vijačniki postali zelo priljubljeni. Vendar pa niso primerni za proizvodne procese, kjer je treba dokumentirati uporabljen moment privitja (Copco, Atlas, 2020).

3.3 Kotni vijačnik

Pri momentih privitja, ki so med 4 in 12 Nm, so reakcijski momenti tako visoki, da upravljavec ne more držati orodja na ravni palici ali ročaju ali pa tega ne bi smel početi iz zdravstvenih razlogov. V teh primerih je treba moment privijanja prestreči na druge načine: s posebno pripravo ali s posebej oblikovanim orodjem. Pogost tip orodja, ki se uporablja za vijake od M6 do M 14 ali momente privijanja od 10 do 150 Nm, je kotni vijačnik. Tukaj orodje služi kot vzvod, skozi katerega lahko upravljavec orodja prestreže reakcijske sile.

Vijačniki na izklop delujejo zelo natančno in so primerni za stalno spremljanje momenta privijanja in/ali kota zategovanja. Vgrajeni kodirniki in kotni kodirniki omogočajo nadzor postopka zategovanja in elektronskega shranjevanja rezultatov zategovanja.

Štetje signalov zaustavitve

Če mora upravljavec priviti več vijakov enega za drugim, se lahko zgodi, da pozabi enega ali več. To je napaka, ki je zelo pogosta v proizvodnih linijah. Temu se je mogoče izogniti s štetjem izvedenih postopkov zategovanja, pri čemer lahko alarm ali upravljanje linije opozori upravljavca na napako (Copco, Atlas, 2020).

3.4 Električni nadzorovani vijačnik

Električni vijačniki so skupna rešitev na montažnih linijah, kjer stisnjeni zrak ni na voljo ali kjer se je treba izogibati nečistočam, povezanim s stisnjenim zrakom. Na voljo so zelo majhni, tihi, nizkonapetostni izvijači, brezžični izvijači in elektronsko krmiljeni izvijači.

Nizkonapetostni vijačnik poganja nizkonapetostni enosmerni motor, ki ga proizvaja transformator. Nizkonapetostna orodja, napajana z elektriko ali baterijami, delujejo zelo tiho in čisto. Pravi moment privitja zagotavlja krmilni sistem, ki stalno spremlja postopek zategovanja. Električno vodeni in elektronsko (digitalno) krmiljeni vijačniki se uporabljajo na primer pri sestavljanju motornih vozil in drugih izdelkov, ki zahtevajo visoko kontrolo in dokumentiranje varnostnih in funkcionalno kritičnih priključkov. Ti kompleksni sistemi omogočajo stalen nadzor postopka zategovanja s spremljanjem toka in drugih različnih parametrov pogona. Zaznajo vse možne napake v procesu vijačenja, kot so pozabljeni ali nepravilni vijaki, pozabljene podložke, poškodbe navojev, nepravilni momenti privijanja, nepravilni koti vrtenja ali prekinitev cikla (Copco, Atlas, 2020).



Slika 22: Električni nadzorovani vijačnik

Vir: (https://www.atlascopco.com/de-de/itba/products/assembly-solutions/electric-assembly-systems)

3.5 Baterijski vijačniki

Orodja, ki jih poganjajo baterije, so zelo cenjena na proizvodnih linijah. Lahko se uporabljajo z vodenimi računalniškimi sistemi ali brez njih. So težja od električnih, saj za napajanje uporabljajo baterijo, ki ima svojo specifično težo. Zaradi nenehnega izboljševanja delovnih metod se brezžična orodja vedno pogosteje uporabljajo tudi na industrijskih montažnih linijah in vse bolj v avtomobilski industriji. Prednosti so velika svoboda gibanja na tekočem traku, brez nadležnih vodov s stisnjenim zrakom ali električnih kablov. Poleg tega lahko upravljavec dela v zaprtih prostorih, na primer v vozilu (Copco, Atlas, 2020).



Slika 23: Baterijski vijačnik

Vir: (https://www.atlascopco.com/de-de/itba/products/assembly-solutions/electric-assembly-tools/cordless-assembly-tools/tensor-sb-cordless-nutrunner)

4 OPIS DELOVNEGA POSTOPKA

Na delovnem mestu v obravnavanem podjetju med vsemi procesi pri sestavljanju podvozja najbolj izstopa rokovanje s pnevmatskimi udarnimi vijačniki. Podvozja premikamo z dvigali z ene postaje na drugo.

Na delovni postaji Fix station spojimo šasijo z osjo. Na vsako šasijo sta pritrjeni dve osi. Os je strojni element, ki nosi druge elemente, prek katerih se prenaša vrtilno gibanje. Lahko mirujejo (omogočajo vrtenje) ali pa se vrtijo skupaj z elementi, ki so na njih pritrjeni. Pogonska os prenaša moč motorja na kolesa prek kardanske gredi. Nanjo so pritrjeni še zavorni koluti, zavorne čeljusti.

Na vsaki strani levo in desno, spredaj in zadaj je šasija spojena s tremi vijaki in maticami iz nerjavečega jekla. Vijak ima navoj M12. Za ta vijak standard določa korak navoja 1,75 mm. Predpisan moment privitja je 140 Nm. Ker se na postaji sestavljajo pomembne komponente podvozja, ki bi lahko kasneje pri uporabi vozila ogrozile varnost in zdravje voznika ter drugih udeležencev v prometu, se za varovanje pred odvitjem vijačne zveze uporablja samovarovalna šestroba matica.

Preverjanje momenta privitja se izvaja z ročnim momentnim ključem, ki je nastavljen na določeno vrednost. Da izključimo napake in pogreške pri preverjanju, je momentni ključ enkrat letno kalibriran s strani pooblaščene organizacije. Pomembno je pravilno rokovanje z momentnim ključem, operater mora biti ustrezno seznanjen.

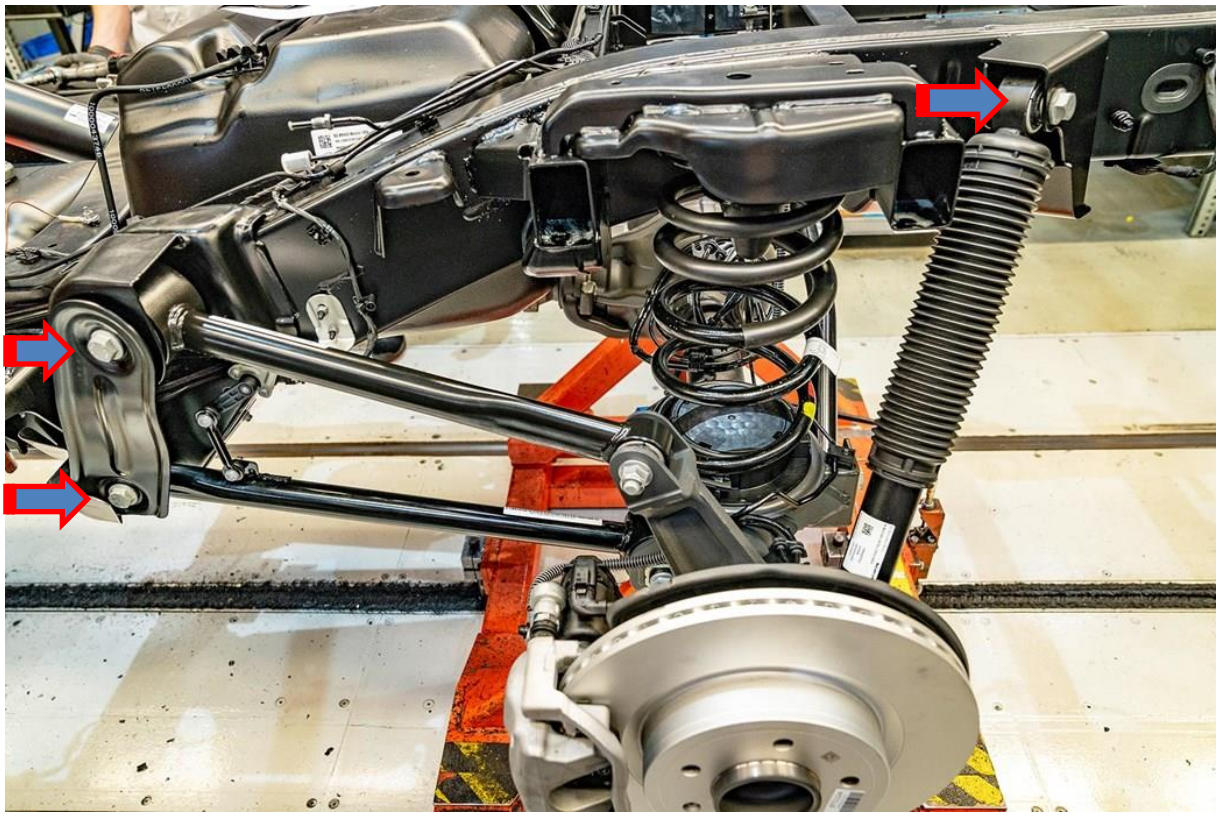
Konstantno so v uporabi štirje pnevmatski udarni vijačniki. Delovna miza je sestavljena kot miza, ki se s pomočjo hidravlike pomika gor ali dol. Na mizo so pritrjeni razdelilniki za pnevmatsko omrežje, reduktorji tlaka za pravilen dotok prednastavljene količine pretoka komprimiranega zraka.



Slika 24: Montaža šasije

Vir: (https://www.rad-ab.com/2013/11/01/exklusiver-blick-hinter-die-kulissen-der-mercedes-benz-g-klasse-fertigung-in-graz-magna-steyr-werk)

Dodanih je še več različnih pnevmatskih vijačnikov, ki se uporabljajo za številne druge aplikacije in za potrebe drugih tipov šasij. Vsi vijačniki so povezani na omrežje z gibljivimi mehkimi cevmi, predvsem zaradi slabih lastnosti, kot so hrup in vibracije ter nepregledna množica cevi in vijačnikov. Tudi pri sledljivosti in kontroli procesa je bilo treba poseči po kompleksni rešitvi omenjene težave. Hrup, ki ga ustvarjajo vijačniki, je moteč in se širi daleč v stavbi. V bližini je onemogočen pogovor, pomembno pa tudi vpliva na sposobnost razmišljanja. Kot varovalna oprema je na voljo oz. so v uporabi delovna obleka, rokavice ter glušniki ali ušesni čepi. Vijačnik ob delovanju ustvarja močne vibracije, ki se prek roke, ki upravlja vijačnik, širijo na celotno telo. Vibracije, ki jih vijačnik ustvarja v danem trenutku, so znosne. Ob dolgoročni uporabi postanejo moteče.



Slika 25: Spojena šasija s pogonsko osjo

Vir: (https://www.carmagazine.co.uk/features/car-culture/mercedes-benz-g-class-schockl-mountain-graz-factory/)

5 UPORABA PNEVMATSKEGA VIJAČNIKA V PROIZVODNEM PROCESU

Uporaba pnevmatsko gnanih orodij je na montažnih linijah zelo razširjena. Orodja so preprosta za uporabo, robustna, ne potrebujejo veliko vzdrževanja. Za delovanje ne potrebujejo električnega napajanja. Poganja jih komprimiran zrak. Sistem oz. omrežje mora zagotoviti potrebe po zadostnem pretoku zraka, ki je predpisan s strani proizvajalca. Pnevmatski udarni vijačnik deluje kot močni udarec kladiva na kovinsko glavo. Posledično se ustvari visok moment privijanja. Orodje za pogon uporablja komprimiran zrak. Zaradi svojega delovanja ustvarja glasen hrup in močne tresljaje. Odlikujejo ga enostavnost uporabe, ergonomska oblika, enoročno menjavanje smeri, robustnost, brezhibno delovanje, z lahkoto prenese velike obremenitve in dolgotrajno uporabo. Najpogosteje je uporabljen v avtomobilski industriji, letalstvu, kmetijski mehanizaciji, težki industriji, pri gradbenih strojih itd.

Na delovnem mestu v podjetju uporabljamo orodje proizvajalca Atlas Copco, Model: LMS28 HR13.



Slika 26: Pnevmatski udarni vijačnik

Vir: (https://www.atlascopco.com/)

S strani proizvajalca so podane naslednje specifikacije:

Teža: 1,85 kg

Vrtljaji na min: 1.500/min

Zahtevan dovod zraka: 8,5 l/s

Največji moment privijanja: 390 Nm

Zvočna moč: 103 dB(A)

Zvočni tlak: 92 dB(A)

Vrednost vibracij: 5,2 m/s^2

5.1 Slabosti orodja

5.1.1 Vibracije, ki jih povzroča orodje

Vibracije na dlani oz. v roki veljajo za resno motnjo, povezano z delom, ki lahko povzroči bolezen in v najslabšem primeru invalidnost. Direktiva 2002/44/ES Evropskega parlamenta in Sveta o minimalnih zdravstvenih in varnostnih zahtevah glede izpostavljenosti delavcev tveganjem iz fizikalnih dejavnikov (vibracij) določa, da mejna vrednost dnevne izpostavljenosti za lokalne vibracije, standardizirana na priporočljivo obdobje osmih ur, ne sme presegati 5 m/s^2. Ob upoštevanju tehničnega napredka in dostopnosti ukrepov, obvladovanju tveganj pri viru se tveganja, ki izhajajo iz izpostavljenosti mehanskim vibracijam, odpravijo pri viru ali zmanjšajo na najmanjšo možno stopnjo. V direktivi je pojasnjeno, da povzročajo lokalne vibracije v predelu dlan-roka mehanske vibracije, ki ob prenašanju na človekovo dlan in roko predstavljajo tveganje za zdravje in varnost delavcev, zlasti vaskularne ter nevrološke ali mišične motnje in prizadetost kosti ali sklepov (vibracije celotnega telesa (splošne vibracije), mehanske vibracije, ki ob prenašanju na celotno telo predstavljajo tveganje za zdravje in varnost delavcev, zlasti težave s križem in poškodbe hrbtenice). Na podlagi člena 6(3) Direktive 89/391/EGS o ukrepih za izboljšanje varnosti in zdravja delavcev pri delu posveča delodajalec pri izvajanju ocenjevanja tveganja posebno pozornost naslednjemu (Ministrstvo, za delo družino in enake možnosti, 2020):

- ravni, vrsti in trajanju izpostavljenosti, vključno s kakršno koli izpostavljenostjo vibracijam s prekinitvami ali s ponavljajočimi se udarci,
- mejnim vrednostim izpostavljenosti in opozorilnim vrednostim izpostavljenosti,
- kakršnim koli vplivom na zdravje in varnost posebno ogroženih delavcev,
- omejitvam trajanja in intenzivnosti izpostavljenosti.

5.1.2 Vibracije dlan-roka

Ocena ravni izpostavljenosti vibracijam dlan-roka temelji na izračunu vrednosti dnevne izpostavljenosti, prilagojene na osemurno priporočljivo dobo A(8), izraženo kot efektivna vrednost pospeška v odvisnosti od frekvence.

Ocena ravni izpostavljenosti se opravi na podlagi ocene, ki temelji na informacijah, ki jih glede ravni emisije uporabljene delovne opreme predloži proizvajalec in na podlagi opazovanj specifičnih delovnih postopkov ali meritev. Lahko se pojavi tudi posredno tveganje – kadar mehanske vibracije škodljivo vplivajo na stabilnost konstrukcij ali varnost spojev.

Merjenje (Ministrstvo, za delo družino in enake možnosti, 2020):

- uporabljene metode vključujejo vzorčenje, ki mora biti reprezentativno za osebno izpostavljenost delavca mehanskim vibracijam. Uporabljene metode in merilne aparate je treba prilagoditi značilnostim merjenih mehanskih vibracij, dejavnikom okolja in značilnostim merilnih aparatov;
- v primeru naprav, ki jih je treba držati z obema rokama, je treba izvesti meritve na obeh rokah. Izpostavljenost se določi z upoštevanjem višje od obeh vrednosti; predložijo se tudi informacije za drugo roko.

5.1.3 Vibracije celotnega telesa

Ocena ravni izpostavljenosti vibracijam temelji na izračunu dnevne izpostavljenosti A(8), izražene kot ekvivalentni nepretrgani pospešek skozi osemurno obdobje, izražene kot ekvivalentni kontinuirani pospešek skozi osemurno obdobje, izračunane kot efektivna vrednost pospeška ali vrednost največje doze vibracij (VDV) frekvenčno vrednotenih pospeškov, določenih na treh ortogonalnih oseh ($1{,}4a_{wx}$, $1{,}4a_{wy}$, a_{wz} za sedečega ali stoječega delavca). Ocena ravni izpostavljenosti se sme opraviti na podlagi ocene, ki temelji na informacijah, ki jih glede ravni emisije uporabljene delovne opreme predložijo proizvajalci, in na podlagi opazovanj specifičnih delovnih postopkov ali meritev. Delavec je zaradi narave delovnih nalog upravičen do uporabe prostorov za počitek, za katere je odgovoren delodajalec; izpostavljenost vibracijam celotnega telesa v teh prostorih mora biti zmanjšana na raven, skladno z njihovim namenom in pogoji uporabe, razen v primerih višje sile (Ministrstvo, za delo družino in enake možnosti, 2020).

5.1.4 Hrup, ki ga povzroča orodje

Zvok nam omogoča sporazumevanje, spoznavanje okolja, orientacijo v prostoru in opravljanje dejavnosti, potrebnih za normalno življenje. Čeprav je zvok koristen in pomemben za življenje človeka, pa lahko glasen zvok slabo vpliva na njegovo varnost in zdravje. Govorimo o hrupu in ta je skoraj vedno škodljiv, čeprav se posamezniki nanj odzivamo različno. Po podatkih svetovnih zdravstvenih organizacij, kjer so objavljene smernice, raven hrupa med 85 in 115 dB, kamor spada obravnavani pnevmatski udarni vijačnik, povzroča nevarnost za poškodbe sluha pri dolgi časovni izpostavljenosti (40 ur/teden). Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri

delu določa, da je škodljiv hrup tisti, pri katerem dnevna ali tedenska izpostavljenost presega 85 dB ali če končna raven presega 140 dB. Meritve hrupa so podlaga za izvedbo ocene tveganja glede izpostavljenosti hrupu na delovnem mestu.

Med najpogostejše težave, ki jih lahko povzroči izpostavljenost hrupu na delovnem mestu, spadajo:

- okvara sluha,
- stres v zvezi z delom,
- večje tveganje za nezgode pri delu.

5.2 Vpliv na zdravje

Okvara sluha, ki nastane zaradi prekomernega hrupa na delovnem mestu, je ena izmed zelo pogostih poklicnih bolezni. Z okvaro sluha se lahko pojavi tudi tinitus oz. zvonjenje v ušesih. Hrup pa ni škodljiv samo sluhu, ampak je lahko tudi razlog za povečano število nezgod, saj dokazano vpliva na komunikacijo. Obstajajo številni dokazi o učinkih hrupa na zdravje, kot so težave z glasom, kardiovaskularne bolezni, stres in nevrološke težave. Kot ukrep za zmanjšanje hrupa na delovnem mestu je možnih več različnih pristopov. Treba je zagotoviti pravočasne in učinkovite ukrepe, uporabo osebne varovalne opreme, kot tudi potrebne izboljšave, da se učinkovito zniža raven emisij že pri samem izvoru. Na delovnem mestu, kjer se zahteva zbranost, je treba raven hrupa čim bolj zmanjšati (Ministrstvo, za delo družino in enake možnosti, 2020).

5.3 Aktivni pristop k težavi

Ne glede na vrsto delovnega mesta lahko izvedemo tri ključne korake za preprečevanje poškodb in okvar sluha:

- ocena tveganja: stopnja in vrsta ocenjevanja tveganja sta odvisni od področja in vrste problema na delovnem mestu, pri čemer skušamo zajeti vsa tveganja in nevarnosti, ki nastajajo posledično zaradi hrupa in vibracij;
- na podlagi ocene sprejetje ukrepov za preprečevanje ali obvladovanje tveganj;
- redno spremljanje in preverjanje učinkovitosti uvedenih ukrepov.

6 PRIMERJAVA RAZLIČNIH VIJAČNIKOV

Tabela 1: Primerjava vijačnikov

	Do sedaj uporabljani vijačnik	Primerjava baterijskih vijačnikov			
	PNEVMATSKI UDARNI VIJAČNIK LMS 28 HR13S	ATLAS COPCO TENSOR STB 63-150-13TMB	ITH ADS - 50	BOSCH PRO CORE 18 GDS	ATLAS COPCO TBP 131 150 BD
Največji moment privijanja (Nm)	390	150	500	650	150
Teža (kg)	1,85	3,4	4,5	2,4	2,98
Teža z baterijo (kg)	/	4,35	5,3	3	3,78
Vrsta komunikacije	/	IRC	IRC	/	W-LAN
Zvok (dB)	103	<70	<70	96	71
Vrednost vibracij (m/s^2)	5,2	<2,5	<2,5	3,4	<2,5
Napetost baterije (V)	/	18	18	18	36
Kapaciteta baterije (Ah)	/	4,2 (75 Wh)	5,2 (93,6 Wh)	4,0 (72 Wh)	2,6 (93,6 Wh)

Vir: (Lastni vir)

Na podlagi povpraševanja smo pridobili ponudbe več različnih proizvajalcev.

Zahtevane so bile naslednje specifikacije:

- moment privijanja: min 80 Nm,
- moment privijanja max 200 Nm,
- napajanje prek baterije,
- povezava in komunikacija z nadzorno enoto.

V tabeli 1 so prikazani vijačniki, ki ustrezajo podanim zahtevam. Vsi baterijsko gnani vijačniki ustrezajo zahtevam o mejni vrednosti vibracij in o vrednostih procesnega hrupa. Le baterijsko gnani vijačnik proizvajalca Bosch ima navedeno raven procesnega hrupa 96 dB, kar lahko povzroča poškodbe sluha ob dolgi izpostavljenosti (40/ur na teden). Za nemoteno delovanje in uporabo vijačnika je potrebna še dodatna oprema, kot npr. dodatna baterija, polnilec za baterije, nadzorna enota za komunikacijo z orodjem, primerni priključki oz. nastavki. Na podlagi temeljite analize se je podjetje odločilo za baterijski vijačnik proizvajalca Atlas Copco Tensor STB 63-150-13TMB. Izpolnjuje zahteve Direktive 2002/44/ES, da ne presega vrednosti vibracij, ki so večje od 5,2 m/s^2, in ravni hrupa, ki je manjša od 85 dB. Skupaj z baterijo tehta 4,35 kg, kar je za 2,5 kg več od do sedaj uporabljenega orodja. Višji kot je moment privijanja, večja je teža vijačnika in baterije, poveča se tudi teža ohišja, svoje dodajo še elektronske komponente, ki so potrebne za nadzor in komunikacijo z nadzorno enoto, vendar je zaradi ergonomske oblike vijačnika olajšano rokovanje z orodjem. Ima obliko palice, kar omogoča, da lahko držimo orodje z dvema rokama in s tem razporedimo težo vijačnika ter manj obremenjujemo telo.

Procesni čas je ob uporabi baterijskega vijačnika ostal nespremenjen, saj je hitrost privijanja enaka hitrosti privijanja udarnega pnevmatskega vijačnika. Pomembna lastnost baterijsko gnanega vijačnika je, da ni potrebno več preverjanje momenta privitja. Nadzorna enota skrbi za preverjanje prednastavljenega momenta privitja in opozori upravljavca na napake ter to tudi zabeleži v sistem. Prepozna napake v procesu privijanja, napake v kakovosti materiala, manjkajoče dele itd. Vsi prednastavljeni parametri so sledljivi in shranjeni za obdobje 15 let ter tako kakovostno pripomorejo h kasnejšemu odkrivanju morebitnih napak oz. reklamacij. Avtomobilska industrija se dnevno srečuje z raznoraznimi reklamacijami in vpoklici celotnih serij vozil. Na podlagi shranjenih podatkov različnih proizvodnih procesov in njihove analize,

lahko relativno hitro ugotovimo, kaj bi lahko povzročalo morebitne napake. S tem pridobimo čas in preprečimo morebitne nadaljnje napake, povzročene s strani orodja ali upravljavca.

Brezžični vijačnik operaterju ponuja pomembne ergonomske prednosti, kar povečuje produktivnost pri izvajanju posameznega dela. Proizvajalec je podal informacijo o vrednosti hrupa, ki je manjša od 70 dB. Ob uporabi ugotovimo, da je vijačnik dejansko neslišen. Tudi vrednosti vibracij, ki so ob uporabi udarnega pnevmatskega vijačnika kritično presegale zakonsko predpisane vrednosti, se ob uporabi baterijskega orodja zmanjšajo za več kot polovico in skoraj niso zaznavne ob uporabi vijačnika. To je bilo tudi glavno vodilo zamenjave vijačnika z novejšim.

Brezžični električni vijačnik Tensor STB je idealen za kakovostno kritične aplikacije v velikih montažnih linijah in ponuja visoko mobilnost. Električni vijačnik na baterijski pogon uporablja industrijsko radijsko komunikacijo (IRC) za celovit nadzor procesa.

Lastnosti oz. prednosti uporabe baterijskega vijačnika pred udarnim pnevmatskim vijačnikom: napajanje z baterijo, najsodobnejši nadzor procesa, možnost povezave več orodij z istim krmilnikom, uporaben na več področjih s podobnim momentom privijanja, popolna sledljivost ob dodatni uporabi čitalnika črtne kode. Zaradi ergonomske oblike in dobre uravnoteženosti orodja sta zmanjšani utrujenost in obremenitev uporabnika, prijemalo v dlani ponuja najboljše razmerje moč-teža, izboljšana in povečana je produktivnost, visoka kakovost v vseh vijačnih zvezah, minimalna poraba energije, 100-odstotno odkrivanje napak.

Ob zamenjavi orodja ugotovimo:

- da je baterijski vijačnik težji za 2,5 kg od pnevmatskega vijačnika (zaradi baterije, elektronskih komponent, ki so vgrajene v orodje);
- je baterijsko orodje bolje ergonomsko oblikovano od pnevmatskega;
- zaradi svoje specifične oblike pomembno prispeva k temu, da je upravljavec orodja manj utrujen;
- upravljavec brezžičnega orodja ni oviran in omejen s cevmi, kabli, raznimi priključki;
- brezžični vijačnik je skoraj neslišno orodje, v specifikacijah je podano, da ustvarja manj kot 70 dB hrupa;
- vrednost vibracij je podana z manj kot 2,5 m/s^2.

Iz podanih informacij je razvidno, da so bile z zamenjavo vijačnikov odpravljene pomembne slabosti in kritične vrednosti, ki bi lahko pomembno vplivale na zdravstveno stanje upravljavca. Povečala se je teža, ki pa ob pravilni uporabi vijačnika ne predstavlja pomembne obremenitve za telo.

7 OCENA TVEGANJA ZA DELOVNO MESTO

Ocena tveganja je namenjena temu, da podjetje izvaja preventivne ukrepe na področju varnosti in zdravja pri delu. Postopek ocenjevanja tveganja izvedemo v več korakih, pri čemer na podlagi prepoznavanja nevarnosti in ogroženih oseb na delovnem mestu ovrednotimo tveganja in jih prednostno razvrstimo glede na verjetnost in resnost škode. Temu sledi opredelitev načrta za izvajanje preventivnih in varnostnih ukrepov za odpravljanje in obvladovanje tveganj. Pri izdelavi dokumenta z oceno tveganja je zatorej pomembno odkrivanje in identifikacija nevarnosti, ki se lahko razlikuje glede na izvor, kot so na primer električna in mehanska nevarnost, toplotna nevarnost ter nevarnost nevarnih snovi, in glede na naravo nastanka morebitne škode, kot so na primer nevarnost ureznin, zmečkanin, zastrupitev, požarov in drugo. Pri opredelitvi delovnih mest, ki so izpostavljena tveganju, ugotavljamo, kateri delavci so najbolj izpostavljeni določenim nevarnostim, kolikšna je verjetnost nastanka nezgod pri delu in poklicnih bolezni ter kako resne so lahko te nezgode (Pedagoška Fakulteta, 2019).

Izjava o varnosti z oceno tveganja vsebuje (Pedagoška fakulteta, 2019):

1. pisno oceno tveganj, katerim so ali bi lahko bili delavci izpostavljeni pri delu:
    - prepoznavanje oz. odkrivanje nevarnosti;
    - kateri od zaposlenih bi lahko bil izpostavljen prepoznani nevarnosti;
    - ocena tveganja, v kateri se upošteva tudi verjetnost za nastanek nezgod pri delu, opredeliti je treba tudi poklicne bolezni in resnost posledice bolezni;
    - odločiti se je treba, ali je tveganje sprejemljivo;
    - na koncu se je treba odločiti o ukrepih, s katerimi se zmanjša nesprejemljivo tveganje;
2. oceno tveganja se mora dopolniti oz. popraviti vsakič, ko:
    - trenutni preventivni ukrepi varovanja niso več ustrezni oz. zadostni;
    - pride do spremembe podatkov, na podlagi katerih se je izvedlo ocenjevanje;
    - ko se pojavi možnost in način, da se ocenjevanje izpopolni oz. dopolni;
3. po tem, ko je bilo izvedeno natančno ocenjevanje tveganja za varnost in zdravje pri delu, se izdela in sprejme izjava o varnosti z oceno tveganja v pisni obliki, pri tem pa izjava vsebuje:

- načrt, kako se bodo predpisane zahteve in ukrepi izvajali;
- načrt in postopke, kako se bodo ukrepi izvedli v primeru neposredne nevarnosti;
- določitev obveznosti in odgovornosti vseh odgovornih oseb pri delodajalcu ter tudi delavcev, da se bosta zagotavljala varnost in zdravje pri delu;

4. v izjavi o varnosti z oceno tveganja je treba določiti tudi posebne zdravstvene zahteve, ki jih morajo izpolnjevati delavci za posamezno delovno mesto v delovnem procesu, oz. zahteve za uporabo posameznega delovnega sredstva, ki temeljijo na strokovni oceni izvajalca medicine dela;
5. v izjavi o varnosti je tudi zapisnik o posvetovanju z delavci oz. njihovimi predstavniki.

7.1 Postopek ocenitve tveganja

1. Verjetnost nastanka nezgod pri delu poklicnih bolezni v zvezi z delom (opredeli se na osnovi pogostosti in časa trajanja izpostavljeni nevarnosti):
    a) zelo majhna
    b) majhna
    c) srednja
    d) velika
    e) zelo velika
2. Resnost nastanka nezgod pri delu, poklicnih bolezni v zvezi z delom:
    a) lažja (ni bolniškega staleža)
    b) lahka (bolniški stalež nad tri dni, vendar brez posledic)
    c) težja (daljši bolniški stalež in trajne poškodbe ali zdravstvene okvare)
    d) težka (trajna invalidnost oz. zmanjšana delovna sposobnost)
    e) smrtna poškodba (posledica je smrt)
3. Tveganje

Tveganje je posledica verjetnosti, da pride do poškodbe oz. zdravstvene okvare in možne resnosti nastale poškodbe oz. zdravstvene okvare v okviru delovnega mesta:

a) neznatno tveganje

b) malo tveganje

c) znatno tveganje

d) veliko tveganje

e) zelo veliko tveganje

Tabela 2: Prikaz izračuna za tveganje

RESNOST►VERJETNOST▼	LAŽJA	LAHKA	TEŽJA	TEŽKA	SMRTNA
ZELO MALA	1	2	3	3	3
MAJHNA	1	2	3	4	4
SREDNJA	2	3	4	4	5
VELIKA	2	3	4	5	5
ZELO VELIKA	3	4	5	5	5

Vir: (Pedagoška Fakulteta, 2019)

Skupna sprejemljivost tveganja za delovno mesto oziroma skupino delovnih mest se opredeli kot (Pedagoška fakulteta, 2019):

- primerno (nepomembno in zanemarljivo – ukrepi niso potrebni);
- sprejemljivo (prisotno in zanemarljivo – ukrepi potrebni, časovne omejitve ni);
- mejno (na meji sprejemljivega – potrebni dodatni ukrepi, ki znižajo tveganje na sprejemljivo);
- pogojno (ni sprejemljivo na daljše časovno obdobje – potrebni takojšnji dodatni ukrepi, ki znižajo tveganje na sprejemljivo);
- nesprejemljivo (ni sprejemljivo niti za kratko časovno obdobje – takojšnja prekinitev dela in uvedba potrebnih varnostnih ukrepov).

Tabela 3: Analiza tveganja

Ime in naslov podjetja: Martin Stojnšek						
Delovno mesto/oddelek/aktivnost: **Fix Station 1, Montaža šasije, Spajanje pogonskih osi s šasijo**						
Delovno orodje: baterijski vijačnik Atlas Copco Tensor STB 63-150-13TMB Frekvenca uporabe: 12 vijakov in matic/šasijo/840 vijakov/8 ur						
Identifikacija oz. odkrivanje nevarnosti	**Osebe, ki so izpostavljene nevarnostim**	**Ocenitev tveganja**			**Sprejemljivost tveganja**	**Uvedba ukrepov za zmanjšanje tveganja**
		Verjetnost	**Resnost**	**Tveganje**		
Nepravilnost na električni opremi in aparatih	Upravljavec, ki rokuje z orodjem ali opremo	Zelo mala	Lažja	1	**Neznatno tveganje**	Ni potrebno
Nevarnost požara in eksplozije	Upravljavec, ki rokuje z orodjem ali opremo	Majhna	Lahka	2	**Malo tveganje**	– Upoštevanje požarnega reda – Določiti in usposobiti osebe za gašenje začetnih požarov in izvajanje evakuacije – Upoštevati prepoved kajenja – Redni preizkus gasilne opreme
Neustrezno delovno okolje (ergonomija, mikroklima, osvetljenost, navodila za varno delo)	Upravljavec, ki rokuje z orodjem ali opremo	Majhna	Lahka	2	**Malo tveganje**	– Prilagoditev dela človekovim fizičnim in psihičnim lastnostim – Opravljati periodične preglede
Nevarnost motnje ali poškodbe sluha	Upravljavec, ki rokuje z orodjem ali opremo	Zelo majhna	Lahka	2	**Malo tveganje**	– Uporaba osebne varovalne opreme – Informiranje in usposabljanje – Izolacija hrupa na lokaciji izvora – Zamenjava ali prilagoditev orodij – Izvajanje rednega vzdrževanja

SKUPNA SPREJEMLJIVOST TVEGANJA: 1,75 – nepomembno in zanemarljivo – ukrepi niso potrebni			
Osebna in zaščitna varovalna oprema za delovno mesto	**Število**	**Rok trajanja**	
Zaščitna delovna oblačila	2 kosa	Letno oz. do obrabe	
Zaščitne rokavice	1 par	Dnevna menjava oz. po potrebi	

Vir: (Lastni vir)

8 SKLEP

Na začetku diplomskega dela sem zastavil hipoteze oziroma trditve, ki jih lahko na osnovi raziskave in analize potrdim. Z baterijskim vijačnikom, vodenim prek računalniškega sistema, se izboljša varnost pri delu, zmanjša se škodljiv vpliv vibracij in hrupa na minimalno raven. Izboljšava tehnologije vijačenja vsekakor pozitivno vpliva na psihofizične sposobnosti upravljavca orodja. Kakovost delovnega procesa se je povečala zaradi uporabe naprednejše in modernejše tehnologije vijačenja.

Diplomsko delo, v katerem je bil moj osnovni cilj primerjava oz. posledično tudi zamenjava dveh različnih vijačnikov, lahko strnem v naslednje točke:

- zamenjava pnevmatskega udarnega vijačnika je smotrna zaradi dolgoročnega škodljivega vpliva na psihofizične lastnosti na upravljavca;
- vrednosti vibracij, ki jih ustvarja pnevmatsko gnani udarni vijačnik, presegajo zakonsko predpisane vrednosti;
- raven hrupa 103 dB, ki ga oddaja pnevmatski vijačnik, posledično zaradi svojega delovanja v časovnem obdobju osem ur lahko vodi k naglušnosti, poškodbi in okvari sluha;
- obvezna je uporaba zaščitnih sredstev za preprečevanje okvar in poškodb sluha, kot so glušniki ali ušesni čepi;
- po opravljenem procesu pritrjevanja vijaka s pnevmatskim udarnim vijačnikom je treba preveriti moment privitja z ročnim momentnim ključem;
- zaradi ročnega preverjanja momenta privitja lahko pride do napak (človeški dejavnik);
- izguba časa zaradi ročnega preverjanja momenta privitja;
- baterijski vijačnik s svojim delovanjem ne povzroča vibracij ali hrupa, ki bi lahko škodljivo vplivale na upravljavca orodja;
- za nadzor momenta privitja in kota privitja v vijačni zvezi je potreben elektronski vijačnik z nadzorom momenta privitja in kota privitja;
- vijačenje in kontrola momenta privitja in kota privitja vijaka v enem procesu;
- nadzorna enota in vijačnik opozorita upravljavca na morebitne nepravilnosti v procesu privijanja vijaka;

- nadzorna enota prenese in shrani podatke v bazo podatkov za popolno sledljivost podatkov.

Uradne cene pnevmatskih orodij, ki se uporabljajo v avtomobilski industriji, niso znane, primerljiva orodja v internetni prodajalni pa stanejo od 500 do 2500 €. Ob tem je treba zagotoviti še vso potrebno infrastrukturo in opremo za nemoteno delovanje orodja. Tukaj so mišljene cevne povezave, kompresor, razni priključki, reduktorji tlaka, manometri itd. Zaradi specifike področja je treba vsako vijačno zvezo preveriti z ustreznim momentnim ključem, kar podaljša čas delovnega procesa.

Cene baterijsko gnanih vijačnikov z računalniško podprtimi sistemi različnih proizvajalcev so visoke, za delovanje pa le-ta potrebuje le prostor za računalniško konzolo nekje na dostopnem mestu in električni priključek. Vijačnik in računalnik uporabljata industrijsko radijsko komunikacijo (IRC) za nemoteno delovanje. Vsi pomembni podatki se prikazujejo na nadzorni enoti, opozarjajo na morebitne nepravilnosti. Kasneje se prenesejo v bazo podatkov, s tem pa je zagotovljena popolna sledljivost.

Preverjanje vijačnih zvez z momentnim ključem tako ni več potrebno. Procesni čas privijanja vijakov z obema orodjema je primerljiv oz. enak. Razlika v ceni nabave je velika. Obe orodji ponujata dolgotrajno zanesljivost in vzdržljivost in ne potrebujeta veliko vzdrževanja.

Potreba po optimizaciji delovnega procesa, uporabi primernega orodja, zagotavljanju ustrezne kakovosti je v avtomobilski industriji močno prisotna. Proizvajalci morajo v tekmovanju za stranke upravičiti ceno proizvoda s tem, da ponudijo kakovost. Zagotavljanje kakovosti pa se začne že z najmanjšimi vijačnimi zvezami.

Zaradi zelo hitrega razvoja na področju tehnologije v zadnji letih se tudi proizvodni obrati soočajo z neizbežno modernizacijo. Če hoče biti podjetje uspešno in predvsem konkurenčno, mora slediti napredku in ga uporabiti v svojo korist ter obenem poskrbeti za svoj kader, s tem da prepreči dolgotrajni škodljiv vpliv na psihofizične sposobnosti le-tega. V pričujočem diplomskem delu sem z raziskavo in pristopom ter s svojim doprinosom pomembno vplival na nadaljnji razvoj podjetja na področju tehnologije vijačenja.

9 VIRI, LITERATURA

Academia. (20. september 2020). *Strojni elementi*. Pridobljeno iz Academia: https://student.academia.si/course/view.php?id=254

Copco, Atlas. (22. september 2020). *Vibrationen und deren Bewertung*. Pridobljeno iz Atlas Copco: http://wwwpub.zih.tu-dresden.de/~tlaaw/DLP_EVersion/Material/Literatur/VIB-Bewertung_bei_Handwerkzeugen.pdf

Mario Hubert Gangl. (2. julij 2010). *Optimierung eines Druckluftsystems*. Pridobljeno iz Mario Hubert Gangl: https://monami.hs-mittweida.de/frontdoor/deliver/index/docId/1013/file/Diplomarbeit.pdf

Ministrstvo, za delo družino in enake možnosti. (22. september 2020). *Varnost in zdravje pri delu*. Pridobljeno iz Ministrstvo, za delo družino in enake možnosti: http://www.osha.mddsz.gov.si/varnost-in-zdravje-pri-delu/informacije-po-temah/hrup

Pedagoška Fakulteta. (01. 03 2019). *Izjava o varnosti*. Pridobljeno iz https://www.pef.uni-lj.si/fileadmin/Datoteke/Pravni_akti/2019_4_4_Izjava_o_varnosti_z_oceno_tveganja_2019_compressed.pdf

Praprotnik, M. (2. december 2003). Vijačne zveze. Novo mesto.

Simončič, Drago. (22. september 2020). *Tehniška dokumentacija in strojni elementi*. Pridobljeno iz Simončič, Drago: http://ddolenc.weebly.com/uploads/2/5/3/4/25346810/6_elementi_za_loljive_in_neloljive_zveze.pdf

Šolski center Velenje, V. s. (21. 12 2018). Razstavljive zveze: zatiči, sorniki, vijačne zveze. Velenje, Velenje, Slovenija.