

Opis rada udarnog čekića za rušenje

Piskač, Martin

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:063429>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

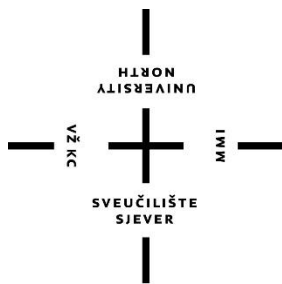
Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-08**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





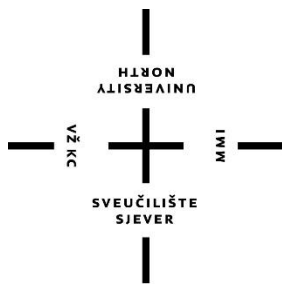
**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 434/PS/2024

Opis rada udarnog čekića za rušenje

Martin Piskač, 0336037078

Varaždin, rujan 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Strojtarstvo

Završni rad br. 434/PS/2024

Opis rada udarnog čekića za rušenje

Student

Martin Piskač, 0336037078

Mentor

Zoran Busija, dipl. ing. stroj.

Varaždin, rujun 2024. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za strojarstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Proizvodno strojarstvo

PRISTUPNIK Martin Pliskač

IMBAG 0336037078

DATUM 10.09.2024.

KOLENIJ Pneumatika i hidraulika

NASLOJ RADA Opis rada udarnog čekića za rušenje

NASLOJ RADA NA ENGL. JEZIKU Description of the work of the demolition hammer

MENTOR Zoran Busija, dipl.ing.stroj.

ZVANJE predavač

ČLANOVI POVJERENSTVA

1 doc.dr.sc. Zlatko Botak - predsjednik povjerenstva

2 doc.dr.sc.Tomislav Veliki - član

3 Zoran Busija, dipl.ing.,stroj., predavač - član, mentor

4 Marko Horvat, dipl.ing.stroj., viši predavač - zamjenski član

5

Zadatak završnog rada

BR. 434/PS/2024

OPIS

U završnom radu potrebno je:

- opisati principe rada udarnih čekića za rušenje (elektro-mehanički, pneumatski, hidraulički)
- navesti primjere nekoliko uređaja dostupnih na tržištu
- analizirati način rada pneumatskog čekića za rušenje
- razraditi ekvivalentni pneumatski sustav koji će prikazati rad pneumatskog čekića
- simulirati rad pneumatskog sustava pomoću softvera FluidSim
- dostupne pneumatske dijelove spojiti na didaktičkom stolu, te izvesti zaključke o praktičnoj primjenjivosti ekvivalentnog sustava

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

ZADATAK URCEN

11.09.2024.



Busija Zoran

Predgovor

Nakon odslušanih predavanja i odrađenih vježbi na trećoj godini studija iz kolegija „Pneumatika i hidraulika“, odlučio sam bolje istražiti te nešto više saznati o pneumatskim alatima koji se koriste u našoj svakodnevnici.

Prije razrade teme Završnoga rada, hito bih se zahvaliti mentoru Zoranu Busiji, dipl. ing. stroj., na iznimnom strpljenju, trudu te pomoći kod izrade ovog Završnoga rada i tokom cijelog studiranja.

Također veliko hvala mojim prijateljima te roditeljima i svim članovima moje obitelji na podršci.

Sažetak

U ovom završnom radu opisani su principi rada udarnih elektro-mehaničkih, pneumatskih i hidrauličkih čekića za rušenje. Uvod govori o potrebi tih alata u svakodnevnom životu.

Praktični se dio sastoji od samostalne izrade sheme spajanja pneumatskog čekića i prikaza rada iste, u programu „FluidSim“ te spajanja pneumatskih dijelova na didaktičkom stolu uz zabilježivanje opažanja samog rada.

Ključne riječi: udarni čekić, pneumatski čekić, hidraulički čekić, princip rada, FluidSim

Summary

In this final paper, the principles of operation of impact electro-mechanical, pneumatic and hydraulic hammers for demolition are described. The introduction talks about the need for these tools in everyday life.

The practical part consists of the independent creation of a scheme for connecting a pneumatic hammer and a demonstration of its operation in the "FluidSim" program, as well as connecting pneumatic parts on the didactic table while recording observations of the work itself.

Key words: impact hammer, pneumatic hammer, hydraulic hammer, working principle, FluidSim

Popis korištenih kratica

CP	Chicago Pneumatic Američki proizvođač čekića
SVR	Silenced Vibration Reduced Smanjene utišane vibracije
BPM	Blows per minute Udarci u minuti
HAWS	Hand-Arm Vibration Syndrome Ruka-šaka vibracijski sindrom
AVR	Active Vibration Reduction Smanjenje aktivnih vibracija

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Elektro-mehanički čekići	2
2.1	Karakteristike elektro-mehaničkih čekića	2
2.2	Vrste elektro-mehaničkih čekića	3
2.3	Princip rada	4
2.4	Zaključak.....	6
3.	Pneumatski čekići	7
3.1	Opis pneumatskog čekića.....	7
3.2	Vrste pneumatskih čekić	8
3.2.1	„Chicago Pneumatic“ – CP 4130.....	8
3.2.2	CP 0017 SVR – „Silenced Vibration Reduced“	9
3.2.3	Bosch	10
3.2.4	Hilti	11
3.3	Rad čekića	12
3.4	Princip rada pneumatskog čekića	13
3.5	Primjena pneumatskih čekića.....	16
3.5.1	Čekić za rušenje.....	16
3.5.2	Industrijski pneumatski čekići - Abrazivni čekić.....	17
3.5.3	Lagani pneumatski čekići	18
4.	Hidraulični čekići.....	19
4.1	Karakteristike i komponente hidrauličnih čekića.....	19
4.2	Princip rada	21
4.3	Hidraulični čekić s dušikom.....	22
4.3.1	Princip rada hidrauličnog čekića s dušikom.....	22
4.3.2	Prednosti hidrauličnih čekića s dušikom.....	23
4.4	Zaključak.....	24
5.	Spajanje čekića	25
6.	Zaštita na radu kod korištenja udarnog čekića.....	27
7.	Simulacija rada pneumatskog udarnog mehanizma.....	29
7.1	FESTO – „FluidSim“	29
7.2	Shematski prikaz spajanja pneumatskog čekića.....	30
7.3	Princip rada	31
7.4	Spajanje sheme na didaktičkom stolu	32
8.	Zaključak	34
9.	Literatura.....	35
10.	Popis slika	38

1. Uvod

Udarni čekići se dijele na tri primarne skupine, elektro-mehanički, pneumatski i hidraulični čekići. To su alati koji su zbog svoje snage dizajnirani za teške uvjete rada. Služe za razbijanje i rušenje tvrdih materijala poput cigle, betona i zidova. Zbog svoje velike snage imaju široku upotrebu, ali najčešće se koriste u graditeljstvu. Svaka od tih skupina radi na isti princip, samo što koriste različita „sredstva“ za generiranje udarne sile. Elektro-mehanički čekići pomoću elektromotora generiraju udarnu silu, pneumatski čekići koriste komprimirani zrak, a hidraulični čekići, kao što samo ime govori, koriste ulje da bi ostvarili potrebnu snagu.

Problem s udarnim čekićima prvenstveno nastaje zbog jakih vibracija i buke uzrokovane njihovom uporabom. To može dovesti do zdravstvenih problema za korisnike, poput oštećenja ruku zbog prijenosa vibracija, problema s cirkulacijom i oštećenja živaca.

Kako bi se ti problemi sveli na najmanju moguću mjeru, potrebne su tehničke mjere kao što su prigušivanje vibracija, zaštita od buke i ergonomski dizajn. Korištenje zaštitne opreme i redoviti odmor također mogu smanjiti opterećenje korisnika. Općenito, problem udarnog čekića predstavlja važan izazov za zdravlje i sigurnost na radu. Međutim, odgovarajućim mjerama zaštite, opterećenje za korisnika može se značajno smanjiti.

Njemačka tvrtka „Festo“ razvila je računalni program „FluidSim“ preko kojeg se uz pomoć simbola elemenata (cilindar, kompresor, razvodnik, itd.) vrlo lako može prikazati shema djelovanja električnog, pneumatskog ili hidrauličnog sustava. Mogućnost detaljnog pregleda kretanja struje, zraka ili tekućine unutar nekog sustava, olakšava nam shvatiti kako neko sredstvo unutar sustava djeluje.

2. Elektro-mehanički čekići

Elektro-mehanički čekići još ih se naziva i Električni udarni čekići, su snažni alati koji koriste kombinaciju električne energije i mehaničkog udarnog mehanizma kako bi stvarali udarne sile potrebne za razbijanje ili probijanje tvrdih materijala, kao što su beton, kamen i asfalt.

2.1 Karakteristike elektro-mehaničkih čekića

1. Udarni mehanizam

- Ključna komponenta je klip koji se brzo kreće naprijed-nazad, stvarajući udarce koji se prenose na dlijeto, a zatim na materijal, što omogućava lomljenje ili probijanje materijala

2. Nastavci(dlijeta)

- Različita dlijeta omogućuju prilagodbu alata ovisno o svrsi za koju će čekić služiti.

3. Regulacija snage

- Mnogi modeli omogućuju kontrolu snage i brzine udaraca, čime se alat prilagođava tvrdoći materijala

4. Vibracijski sustavi

- Ugrađeni mehanizmi za smanjenje vibracija olakšavaju rad korisnika, smanjujući umor i povećavajući kontrolu nad alatom

5. Električni pogon

- Elektromehanički čekići pokreću se električnim motorom koji stvara potrebnu energiju za udarne mehanizme

2.2 Vrste elektro-mehaničkih čekića

1. Bušaći čekići

- Kombinacija su rotacijske bušilice s udarnim mehanizmom
- Koriste se za bušenje rupa u betonu, kamenu i drugim tvrdim materijalima

2. Ručni udarni čekići (*engl. demolition hammer*)

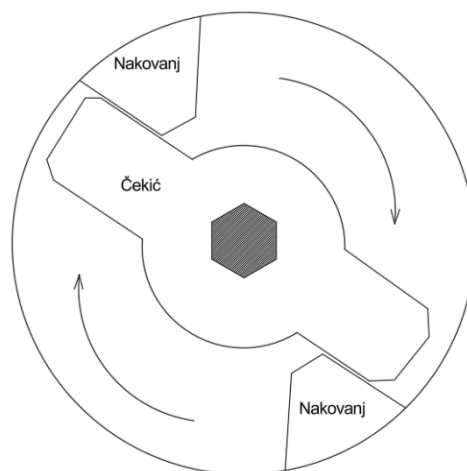
- Specijalizirani su za rušenje i lomljenje velikih površina betona, zidova ili podova, bez rotacijskog kretanja

3. Udarni ključevi

- Ovi modeli koriste okretni moment uz minimalan napor korisnika
- Glavni ulogu kod stvaranja udarca ima mehanizam za udarce, a uključuje čekić i nakovanj. Kod pokretanja motora, čekić se počinje slobodno okretati i ne stvara nikakv udarac. Kada čekić, zbog svoje rotacije, postigne određenu brzinu ili okretni moment, opruga koja zbog rotacije čekića akumulira energiju, otpusti svu energiju što rezultira brzim udarcem čekića o nakovanj. Čekić udara nakovanj te stvara snažan okretni udarac. Nakon odvajanja čekića od nakovnja, čekić se vraća u početni položaj i ponovno se počinje slobodno okretati. Ovaj se proces vrlo brzo ponavlja, stvarajući niz udaraca. Udraci se prenose na pogonsko vratilo. Vratilo je povezano s nastavkom na kojem se nalazi glava ključa ili nastavak za matice.



Slika 1. Elektro-mehanički čekić s alatom za udarno bušenje [16]



Slika 2. Presjek mehanizma za udarce

2.3 Princip rada

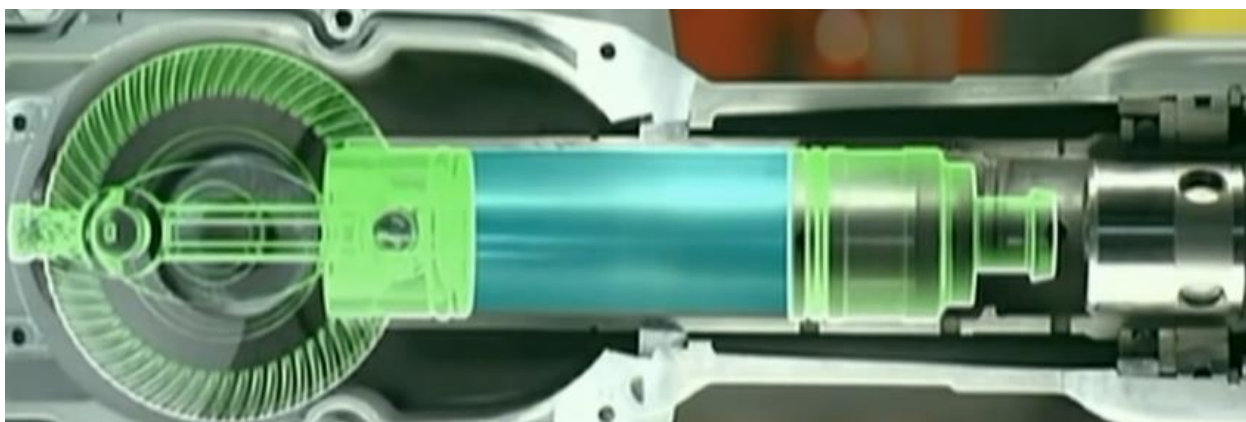
Sila kod elektro-mehaničkih čekića razvija se kroz složeni mehanizam koji kombinira električnu energiju i mehaničke komponente. Generiranje sile na elektro-mehaničkim čekićima:

1. Generiranje mehaničke energije

- Rotacijom elektromotora, snaga se prenosi na ekscentrično vratilo na koje je povezan klip. To omogućuje kretanje klipa naprijed-nazad unutar cilindra. Između klipa i udarača postoji prazan prostor u kojem se nalazi zrak. Kada se klip počinje kretati naprijed, taj zrak se počinje tlačiti. Zbog tlačenja zraka udarač se počinje kretati naprijed i udara u udarni alat. Kod povlačenja klipa natrag u početni položaj, tlak tog zraka se smanjuje te se udarač povlači zajedno sa klipom



Slika 3. Prikaz kretanja klipa naprijed [33]



Slika 4. Prikaz kretanja klipa natrag [33]

2. Prijenos sile na materijal

- Dlijeto nikad ne udara u materijal jer bi to zbog povratnih sila, naštetilo motoru. Udarni alat je u konstantnom dodiru s dlijetom te stvara vibracije koje se prenose na dlijeto. Tim vibracijama uzrokuje se pucanje i lom strukture materijala

3. Frekvencija udaraca

- Ovi čekići imaju vrlo veliku brzinu udarca(frekvenciju) do nekoliko tisuća udaraca po minuti. Visoka frekvencija osigurava kontinuirano razvijanje sile, što povećava učinkovitost kod probijanja ili lomljenja materijala

4. Amortizacija vibracija

- Da bi ublažili vibracije, ovi sustavi koriste opruge, amortizere ili gumene umetke
- Neki modeli elektro-mehaničkih čekića omogućuju prilagodbu snage udarca. Ovisno o vrsti materijala koji se obrađuje – kod mekših materijala potrebna je manja snaga da se ne bi dogodilo nepotrebno širenje pukotina

2.4 Zaključak

Sila kod elektro-mehaničkog čekića generira se putem električnog motora koji stvara rotacijsku energiju, a potom se ta energija pretvara u linearno kretanje klipa pomoću ekscentričnog mehanizma. Udarana sila koju klip razvija, prenosi se na nastavak alata (dlijeto), a zatim na materijal koji se razbija. Visoka frekvencija i snaga udaraca osiguravaju učinkovit rad, dok sustavi za smanjenje vibracija omogućuju lakše i sigurnije rukovanje alatom. Za razliku od pneumatskih čekića, elektro-mehanički čekići su obično lakši kod rukovanja i transporta jer im nije potreban kompresor za zrak.



Slika 5. Elektro-mehanički čekić proizvođača „Makita“ [17]

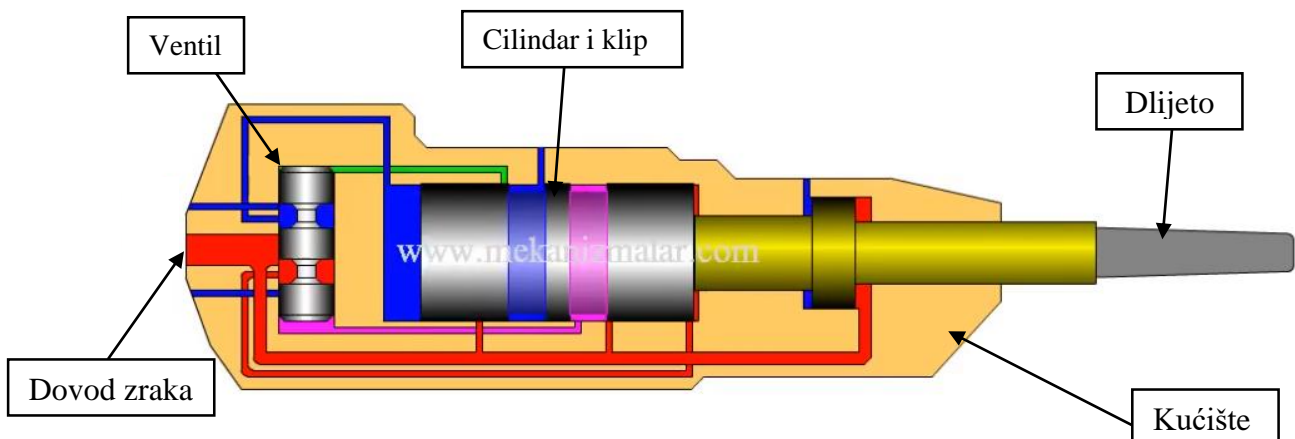
3. Pneumatski čekići

3.1 Opis pneumatskog čekića

Glavni dijelovi pneumatskog čekića su:

- Kućište
- Priključak za zrak
- Cilindar
- Klip
- Sustav ventila
- Dlijeto
- Opruge i brtve

Uređaj sadrži kućište unutar kojeg se nalaze sve unutarnje komponente. Izrađeno je od nekih metala ili legura, poput čelika ili aluminija kako bi moglo izdržati velika opterećenja i vibracije tijekom rada. Najvažnija pokretna komponenta unutar kućišta je klip. On se zbog djelovanja komprimiranog zraka kreće naprijed-nazad, te svojim kretanjem udara u dlijeto. Brzina kretanja klipa, odnosno kretanje komprimiranog zraka upravljano je sustavom ventila. Ventilima se upravlja ulaz i izlaz komprimiranog zraka u komorama klipa te se time omogućuje kontinuirano kretanje klipa. Zrak se dovodi preko crijeva koje se povezuje na priključak za zrak. Da ne bi došlo do puštanja zraka, tj. da bi se taj zrak zadržao unutar alata koriste se brtve.



Slika 6. Presjek – Prikaz unutarnjih i vanjskih komponenti [12]

3.2 Vrste pneumatskih čekić

Udarni pneumatski čekići dolaze u različitim veličinama i snagama, pa je važno izabrati pravi model ovisno o potrebi i težini posla. Električni modeli su najčešći za manja i srednja rušenja, dok se pneumatski i hidraulični koriste za teže radove.

Postoje različiti nazivi i tipovi pneumatskih čekića, koji se razlikuju ovisno o području primjene i izvedbi:

- Čekići za rušenje
- Industrijski pneumatski čekići
- Lagani pneumatski čekići

Odabir prave vrste pneumatskog čekića uvelike ovisi o specifičnoj namjeni. Svaki tip ima svoje specifične prednosti i nedostatke u smislu izvedbe, rukovanja i područja primjene.

3.2.1 „Chicago Pneumatic“ – CP 4130

"Chicago Pneumatic", tvrtka poznata po proizvodnji širokog spektra industrijskih alata i opreme, uključujući i pneumatske čekiće. Ovaj model pneumatskih čekića dizajniran je za usitnjavanje, rezanje i podrezivanje u teškim uvjetima rada. Model je manjih dimenzija i manje mase.



Slika 7. CP 4130 [19]

3.2.2 CP 0017 SVR – „Silenced Vibration Reduced“

Za produktivnost u zahtjevnim radnim uvjetima, CP nudi model koji značajno smanjuje vibracije. CP 0017 SVR je lagani i svestrani pneumatski čekić. Dizajniran je za robusnu upotrebu, što ga čini prikladnim za zahtjevna okruženja poput gradilišta, radova rušenja i ljevaonica. Ovaj model pruža dobru ravnotežu između snage i kontrole, omogućujući korisnicima rukovanje teškim materijalima poput betona, kamena i metala.



Slika 8. CP 0017 SVR [19]

3.2.3 Bosch

- **Bosch GSH 27** – ergonomske ručke s niskim težištem alta za lakše rukovanje, udarne snage 62J i 1000 BPM



Slika 9. Bosch GSH 27 [20]

- **Bosch GSH 11 E** – kompaktan model za srednje teške poslove, kao što su popravci ili manja rušenja, udarne snage 16.5 - 18J i 900 – 1890 BPM



Slika 10. Bosch 11 E [21]

3.2.4 Hilti

- **Hilti TE 1000-AVR** – Poznati čekić zbog svoje ergonomijske izvedbe, udarne snage 26J i 1950 BPM



Slika 11. Hilti TE 1000-AVR [22]

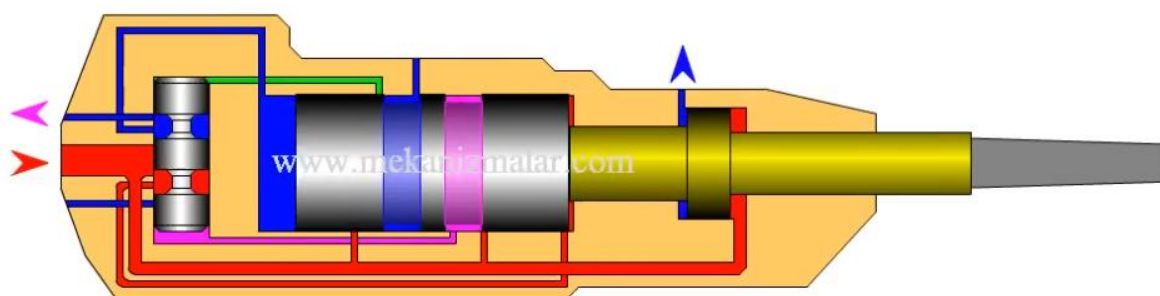
- **Hilti TE 2000-22** – snažan i lagan pneumatski čekić za razbijanje betona, udarne snage 38.2J i 1800 BPM



Slika 12. Hilti TE 2000-22 [23]

3.3 Rad čekića

Pneumatski udarni čekić koristi se kada je potreban snažan udarac, poput rušenja, lomljenja, probijanja i slično. Unutar pneumatskog čekića nalazi se cilindar u kojem je smješten klip koji se kreće naprijed-nazad bez šipke koja ga povezuje s drugim dijelovima. Klip udara u alat na jednom kraju, a dok se pomiče naprijed-nazad, otvara i zatvara dva kanala u cilindru kroz koje prolazi zrak. Imamo dvije komore za zrak. Samim prolazom zraka, naizmjenično se odzračuju prednja i stražnja komora cilindra. To dovodi do naizmjeničnih promjena tlaka koje prebacuju položaj ventila za napajanje ("bistabil"). Tako se kroz taj ventil tlak napajanja naizmjenično dovodi u prednju i stražnju komoru, što dovodi do oscilatornog kretanja klipa naprijed-nazad. Princip rada je prikazan na slici 11 koja je preuzeta sa filma [12].



Slika 13. Presjek - Prikaz ulaza i izlaza komprimiranog zraka [12]

Komprimirani zrak koji se dovodi iza klipa gura klip prema naprijed, a samim time se izvlači i alat. Nakon izvlačenja alata, smjer kretanja zraka se mijenja. Ventil preusmjerava tok komprimiranog zraka prema prednjem dijelu klipa. Taj komprimirani zrak gura klip unatrag. Alat se vraća u početni položaj zbog komprimiranog zraka koji je konstantno prisutan u komori alata, a služi kao opruga. Pomicanjem alata naprijed, tlak koji stvara klip kod kretanja prema naprijed, veći je od tlaka koji se nalazi u komori alata, pa to omogućuje kretanje alata naprijed. Zbog vraćanja klipa, zrak koji se nalazi iza klipa se ispušta te tako tlak u komori alata postaje veći od tlaka iza klipa i omogućuje vraćanje alata natrag.

3.4 Princip rada pneumatskog čekića

Generiranje sile kod pneumatskih čekića temelji se na upotrebi komprimiranog zraka koji pokreće klip naprijed-nazad koji zatim zadaje udarce u materijal gdje dolazi do razbijanja istih.

Proces generiranja sile

- Pneumatski čekić povezan je kompresorom koji je proizvodi komprimirani zrak. Taj zrak se prenosi kroz crijevo od čekića. Zrak je pod velikim tlakom i služi kao izvor energije alata
- Unutar čekića nalazi se klip koji se kreće naprijed-nazad. Unutar komore koja se nalazi iza klipa, sakuplja se zrak pod tlakom te stvara tlak. Kada se postigne dovoljno velik tlak, klip se počinje kretati naprijed. Početkom kretanja klipa naprijed, prednja se komora počinje odzračivati. Nakon postizanja konačne točke izvlačenja, prednja se komora počinje puniti zrakom, a stražnja počinje s odzračivanjem
- Klip udara u udarni alat (dlijeto) te prenosi mehaničku energiju na alat. Ta velika energija se koncentrira na mali dio alata, što stvara veliki tlak na samom vrhu alata koji zatim razbija materijal
- Pneumatski čekići rade na principu uzastopnog ponavljanja udaraca. Klip koji se neprekidno pomiče naprijed-nazad, stvara seriju brzih udaraca. Ova frekvencija udaraca ovisi o duljini cilindra, brzini klipa te tlaku zraka

Faktori snage udarca

Tlak komprimiranog zraka, za europsko tržište [bar], a za američko [psi]. Veći tlak stvara veću silu koja se prenosi na klip pa je samim time i udarac klipa jači. Pneumatski čekići obično rade na tlaku 6 – 10 bar.

Masa klipa isto tako ima utjecaj na snagu udarca. Teži klipovi mogu generirati veće udarce zbog veće kinetičke energije (kinetička energija je proporcionalna masi). Međutim, povećanjem mase klipa, smanjuje se brzina udarca, što rezultira manju ukupnu frekvenciju udaraca. Formula za kinetičku energiju:

$$E_k = \frac{m * v^2}{2} [J]$$

Brzina kretanja klipa i broj udaraca u minuti (BPM) utječu na ukupnu snagu udarca. Veća frekvencija udaraca omogućava brže razbijanje mekših materijala, dok je kod tvrdih materijala, potrebna znatno manja frekvencija.

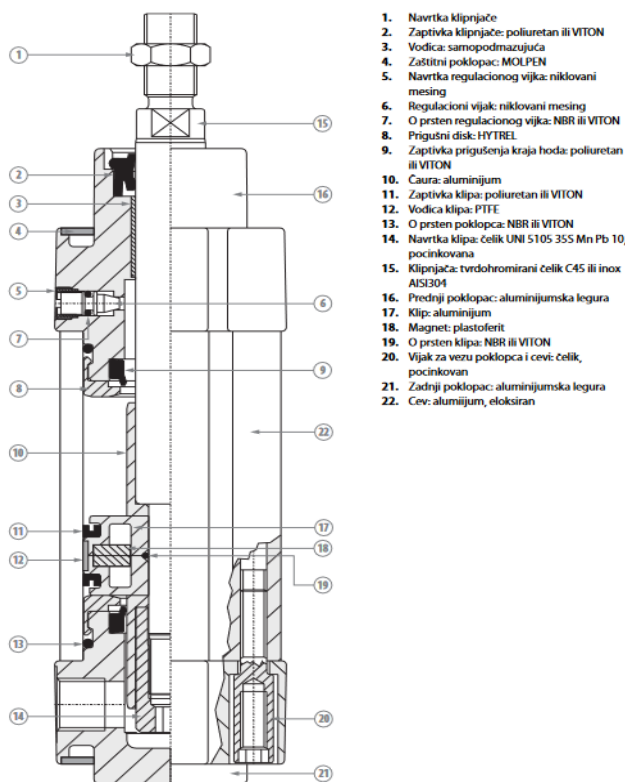
Sami oblik alata vrlo je važan faktor snage udarca. Dlijeto ili špica utječu na način prijenosa sile na materijal. Preko šiljatih alata prenosi se veći pritisak na manju površinu, dok širi alati imaju mogućnost razbijanja većih komada materijala

Svi modeli rade na isti način, ali neki imaju dodatne funkcije i mehanizme. Iako su tada ti mehanizmi složenije izvedbe, omogućuju uređaju da obavlja zadatke učinkovitije, brže i sigurnije. U svakom slučaju, rad svih pneumatskih uređaja se bazira na komprimiranom zraku. Komprimirani zrak koji dovodimo u uređaj usmjeren je na klip, kojeg zrak pomiče naprijed-nazad. Brzina kretanja klipa ovisi o razini tlaka, promjeru klipa te hodu klipa.

Standardne dimenzije klipa za pneumatske čekiće mogu varirati ovisno o vrsti čekića i njegovoj namjeni, ali najčešće korištene dimenzije su:

- **Promjer klipa:** 20mm – 80mm
- **Hod klipa:** 50mm – 200mm

Manji pneumatski čekići imaju klipove s manjim promjerom i kraćim hodom, dok veći modeli koriste klipove većeg promjera i duljeg hoda, što im omogućuje snažniji udar. Za precizne dimenzije određenog modela, preporučuje se provjera tehničkih specifikacija proizvođača.



Slika 14. Konstrukcija cilindra prema ISO 6431 [24]

3.5 Primjena pneumatskih čekića

3.5.1 Čekić za rušenje

Ova vrsta pneumatskih čekića ima široku primjenu, jer postoje modeli namijenjeni kako za industrijsku upotrebu, tako i za individualne zadatke. Manji modeli alata su posebno prilagođeni za lakše držanje i rukovanje tijekom rada. Postoje i čekići većih dimenzija koji se koriste za razbijanje tvrdih materijala poput betona, kamena ili asfalta.

Često se primjenjuju u građevinarstvu, posebno za rušenje zidova, temelja i drugih čvrstih struktura. Ključne karakteristike ovih čekića uključuju:

- **Energija udara:** Izražava se u džulima (J) i pokazuje koliko jak udar alat može proizvesti. Veći modeli imaju jaču udarnu snagu, što ih čini prikladnijima za zahtjevnije zadatke
- **Frekvencija udara:** Oznaka broja udaraca u minuti (BPM), koja može varirati ovisno o modelu. Veća frekvencija omogućuje brži rad na lakšim materijalima
- **Težina:** Pneumatski čekići za rušenje mogu biti teži, što je korisno za veće poslove, ali može otežati dugotrajan rad
- **Veličina klipa:** Ovisi o modelu čekića, pri čemu veći klipovi pružaju veću udarnu snagu, čineći ih pogodnijim za razbijanje tvrdih materijala

Ovi su čekići cijenjeni zbog svoje snage, izdržljivosti i efikasnosti, ali zahtijevaju stabilan izvor komprimiranog zraka za rad.



Slika 15. Prikaz korištenja pneumatskog čekića u praksi [25]

3.5.2 Industrijski pneumatski čekići - Abrazivni čekić

Abrazivni pneumatski čekić je specijalizirani alat koji, kao i svi ostali, koristi komprimirani zrak za generiranje udarne sile, a namijenjen je brušenju, rezanju i obradi tvrdih materijala. Opremljen je abrazivnim nastavcima, poput brusnih ploča ili dijamantnih alata, koji omogućuju precizno uklanjanje materijala, oblikovanje i završnu obradu.

Ovaj tip čekića se često primjenjuje u metaloprerađivačkoj te građevinskoj industriji u namjeni kao što su uklanjanje hrđe, priprema površina ili oblikovanje metala i kamena. Zahvaljujući svojoj snazi i preciznosti, abrazivni pneumatski čekić je neophodan za kontroliranu i efikasnu obradu tvrdih materijala.



Slika 16. Pneumatski čekić sa igličastim nastavcima za skidanje hrđe [26]

3.5.3 Lagani pneumatski čekići

Ova vrsta čekića stvara udarce velike brzine s malom amplitudom(kratak hod klipa). Ovi su čekići izuzetno korisni pri radu s materijalima poput kamena, metala ili drveta. Najčešće se koriste kod rezanja lima, izrade skulptura, kod graviranja i kod drugih vrsta preciznog modeliranja. Pneumatski čekići omogućavaju umjetnicima primjenjivanje sile s visokom preciznošću, olakšavajući oblikovanje materijala bez velikog fizičkog napora.



Slika 17. Pneumatski čekić sa dlijetom za obradu drva/kamena [27]

4. Hidraulični čekići

Hidraulični čekići, isto poznati kao hidraulični udarni čekići, su snažni alati koji koriste hidrauličnu energiju za stvaranje udarne sile. Ovi su čekići često priključeni za građevinske strojeve kao što su bageri. Koriste se za teške zadatke kao što su razbijanje betonskih konstrukcija, kamenja ili asfalta.

Kod hidrauličnih čekića postoji i specijalna izvedba, hidraulični čekić sa dušikom.

4.1 Karakteristike i komponente hidrauličnih čekića

1. Hidraulični sustav

- Hidraulični čekići rade tako što koriste hidrauličko ulje koje je pod visokim tlakom. Ovo ulje pokreće unutarnje dijelove čekića, koji zatim stvaraju snažan udarac. Tlak ulja omogućava da čekić udari velikom silom

2. Klip

- Zahvaljujući hidrauličnom tlaku, klip vrši kretanje naprijed-nazad. Udarac klipa o udarni mehanizam, stvara se snažan udarac koji se prenosi na nastavak alata

3. Udarne energija

- Hidraulični čekići proizvode vrlo veliku udarnu snagu, što omogućuje razbijanje izuzetno tvrdih materijala kao što su armirani beton. Udarne se energija izražava u džulima [J]

4. Različiti nastavci

- Ovisno o vrsti posla, postoje i različiti nastavci. Špice koje se koriste za razbijanje čvrstih materijala te dlijeta koja služe više za preciznije radove

5. Kontinuirani rad

- Hidraulični čekići rade neprekidno sve dok je stroj na kojeg su spojeni aktivan jer se koristi hidraulični sustav radnog stroja. Frekvencija udaraca je manja nego kod elektromehaničkih čekića, ali je udarna snaga znatno veća

6. Smanjenje vibracija

- Kod izrade hidrauličnih čekić, proizvođači su dizajnirali sustave za smanjenje vibracija. Smanjenjem vibracija i povećanjem udobnosti kod korištenja alata, smanjuje se umor radnika i trošenje stroja



Slika 18. Hidraulični čekić pričvršćen na stroju [28]

4.2 Princip rada

Kod hidrauličnih čekića, sila se generira na sljedeći način:

1. Hidraulično ulje

- Ulje se nalazi u čekiću pod visokim tlakom. Ulje se pumpa iz hidrauličnog sustava

2. Hidraulični cilindar

- Ulje ulazi u hidraulični cilindar unutar čekića, gdje tlak ulja pomiče klip naprijed-nazad

3. Kretanje klipa

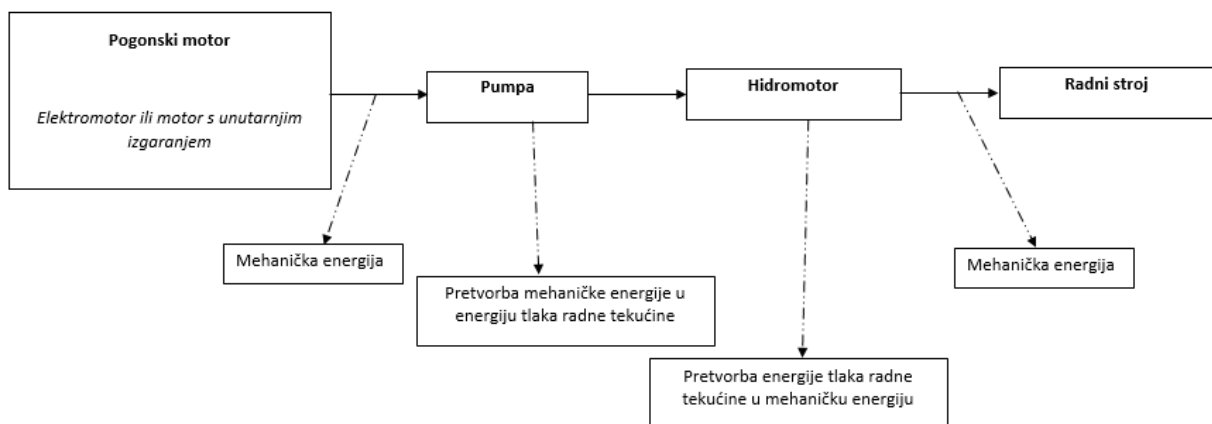
- Zbog velikog tlaka klip se pomiče velikom brzinom što stvara snažan udarac

4. Udar na silu

- Kod udara klipa o udarni mehanizam, stvara se velika udarna sila. Sila se nakon udara prenosi na alat(špicu ili dlijeto)

5. Prijenos sile

- Alat koji udara u materijal poput betona ili kamena, lomi ga ili razbija



Slika 19. Shematski prikaz „Procesa pretvorbe energije“

4.3 Hidraulični čekić s dušikom

Hidraulični čekić s dušikom ili hidraulični čekić s dušičnim jastučićem je specifična vrsta hidrauličnog čekića koja koristi dušik pod pritiskom za poboljšanje performansi udarca. Ovi čekići kombiniraju hidrauličnu energiju s dušičnim sustavom kako bi učinak bio bolji, samim time i učinkovitost veća.

4.3.1 Princip rada hidrauličnog čekića s dušikom

- Kao i kod standardnih hidrauličnih čekića, osnovni mehanizam koristi hidraulično ulje pod visokim tlakom za pokretanje klipa unutar cilindra
- U ovom sustavu, dušik služi kao dodatni izvor energije. Smješten je u zatvorenom prostoru unutar čekića, obično u obliku jastučića ili spremnika, gdje je komprimiran pod visokim tlakom
- Kada hidraulični klip stvara udarac, dušik se komprimira i oslobađa energiju u trenutku udarca. Kombinacijom ova dva sustava ostvareni su jači i učinkovitiji udarci
- Kombinacijom hidraulične energije i dušičnog tlaka udarna se sila prenosi na alat, a zatim na materijal

4.3.2 Prednosti hidrauličnih čekića s dušikom

1. Veća udarna snaga

- Snažniji udarci i povećana učinkovitost razbijanja tvrdih materijala poput betona i stijena

2. Povećana efikasnost

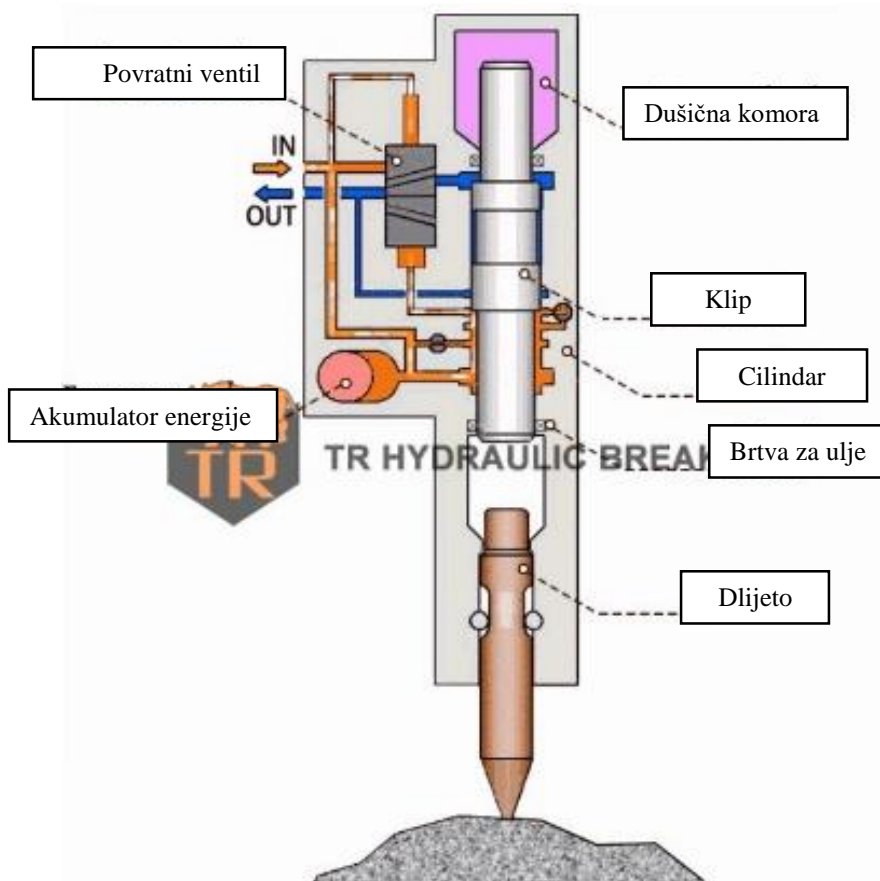
- Nije potrebno tako često održavanje je dušik pomaže kod održavanja dosljedne snage pa nema puno velikih opterećenja

3. Smanjenje vibracija

- Dušična komponenta može pomoći kod redukcije vibracija, samim time se smanjuje umor operatera i poboljšava kontrola nad alatom

4. Kompaktan dizajn

- Zbog efikasnijeg korištenja energije, ovi su čekići lakšeg i kompaktnijeg dizajna od klasičnih hidrauličnih čekića



Slika 20. Presjek – Hidraulični čekić s dušikom [29]

4.4 Zaključak

Hidraulični čekići generiraju svoju udarnu silu tako što koriste tlak hidrauličnog ulja. Uspješni su kod obavljanja zahtjevnih građevinskih i rudarskih zadataka zbog svoje snage i izdržljivosti. Zbog svoje funkcije i konstrukcije, neizbježni su alati današnjice.

Hidraulični čekići s dušikom su pridonijeli povećanju udarne snage i učinkovitosti u usporedbi s klasičnim hidrauličnim čekićima. Korištenjem dušika kao dodatnog izvora energije, omogućuju snažnije performanse i bolju kontrolu, što ih čini idealnim za zahtjevne zadatke u građevinarstvu, rudarstvu i reciklaži.

5. Spajanje čekića

Pneumatski čekić spaja se na izvor zraka. Spajanje pneumatskog čekića s izvorom zraka ključno je za njegovu pravilnu funkcionalnost i sigurnost. Da bi se to ostvarilo, moraju se zadovoljiti neki koraci za spajanje:

1. Priprema alata i opreme:

- a. Potrebno je osigurati pneumatski čekić, tj. isključiti i zatvoriti sve ventile
- b. Pripremiti crijevo za dovod zraka, kompresor, brze spojnice(po potrebi) te adaptere

2. Provjera kompresora:

- a. Provjeriti stanje kompresora i osigurati da je ispravno postavljen i spojen na izvor električne energije
- b. Podesiti tlak zraka na kompresoru prema specifikacijama pneumatskog čekića. Većina čekića zahtijeva tlak u rasponu od 6 do 8 bara

3. Spajanje crijeva na kompresor:

- a. Spojiti jedan kraj crijeva za zrak na izlazni priključak kompresora. Osigurati da je spoj čvrst i da ne dolazi do curenja zraka
- b. Kod korištenja brze spojnice potrebno je provjeriti jesu li pravilno postavljene i jesu li čvrsto pričvršćene

4. Priključivanje crijeva na pneumatski čekić:

- a. Spojiti drugi kraj crijeva na ulaz za zrak na pneumatskom čekiću. Osigurati da je spoj dobro zapečaćen i da nema curenja zraka
- b. Kod korištenja brzih spojnica potrebno je provjeriti jesu li pravilno postavljene

5. Provjera spojeva i funkcionalnosti

- a. Uključiti kompresor i pustiti zrak da uđe u crijevo. Pažljivo provjeriti sve spojeve zbog mogućnosti curenja zraka
- b. Testirati čekić kako bi se provjerila ispravnost rada. Provjeriti je li udarna sila ravnomjerna i stabilna

6. Prilagodba tlaka:

- a. Ako postoji mogućnost prilagodbe tlaka zraka, potrebno je prilagoditi prema potrebama primjene. Previsok tlak može oštetiti alat, dok prenizak tlak može smanjiti učinkovitost rada

7. Sigurne mjere:

- a. Kod korištenja pneumatskog čekića, potrebno je nositi odgovarajuću zaštitnu opremu, uključujući zaštitne naočale i zaštitu za uši

8. Održavanje i inspekcija:

- a. Redovito provođenje održavanja i inspekcije pneumatskog čekića, uključujući provjeru stanja crijeva, spojeva i kompresora
- b. Redovito čišćenje i podmazivanje također mogu pomoći u očuvanju performansi alata

Pravilno održavanje i spajanje pneumatskog čekića, ključno je za dugovječnost alata i sigurnost operatera. Slijedeći ove korake, osigurano je da će pneumatski čekić funkcionirati učinkovito i sigurno.

6. Zaštita na radu kod korištenja udarnog čekića

Udarni čekići su snažni alati koji se koriste za razbijanje tvrdih materijala poput betona, asfalta i kamena, no njihova uporaba dolazi s određenim izazovima. Ti izazovi mogu biti tehničke, sigurnosne, zdravstvene i ekonomske prirode. Neki od problema s udarnim čekićima:

1. Vibracije i zdravstveni rizici

- Jedan od glavnih problema su vibracije tijekom rada, koje mogu dovesti do „Hand-arm Vibration Syndrome“ (HAVS). Dugotrajna izloženost vibracijama može uzrokovati probleme s cirkulacijom, ukočenost i gubitak osjeta u rukama i prstima

2. Buka

- Udarni čekići proizvode vrlo visoku razinu buke, koja može premašiti 100 decibela, što predstavlja rizik za sluh operatera

3. Konstrukcija čekića

- Zbog svoje težine i snage, udarni čekići zahtijevaju veliku fizičku snagu i vještinu rukovanja, što povećava rizik od ozljeda, uključujući povratne udarce, proklizavanje alata i pad dijelova materijala

4. Tehničke poteškoće

- Penumatski sustavi ovise o kompresorima koji mogu imati probleme s tlakom, vlagom ili kvarovima, što može dovesti do zastoja i prekida u radu



Slika 21. Antivibracijske rukavice [30]

Kako bi se smanjili ovi problemi, moderni alati su dizajnirani s boljom ergonomijom, smanjenim vibracijama(SVR), manjom bukom i većom energetsom učinkovitošću. Korisnici se također trebaju služiti zaštitinim rukavicama i slušalicama te redovito održavati opremu kako bi se smanjili zdravstveni i sigurnosni rizici. Napredni materijali i dizajn dodatno poboljšavaju učinkovitost i sigurnost alata.



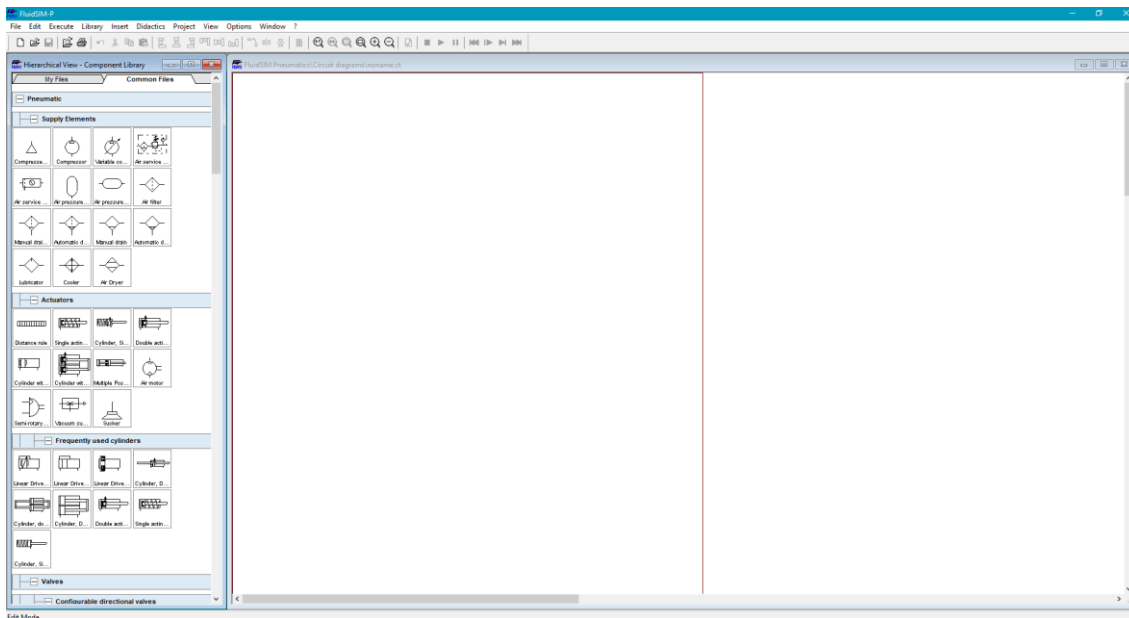
Slika 22. Slušalice protiv buke [31]

7. Simulacija rada pneumatskog udarnog mehanizma

Za rješenje praktičnog dijela rada potrebno je konstruirati shemu te prikazati simulaciju u programu „FluidSim“ i nakon toga spojiti dijelove na didaktičnom stolu Sveučilišta Sjever „Varaždin“.

7.1 FESTO – „FluidSim“

„FluidSim“ je interaktivan i moćan softver za simulaciju koji omogućuje modeliranje i analizu pneumatskih, hidrauličkih i električnih sustava. Najčešće se koristi u obrazovanju i industriji za vizualizaciju i testiranje fluidnih mehanizama, pružajući korisnicima mogućnost kreiranja, simuliranja i ispitivanja različitih vrsta krugova.

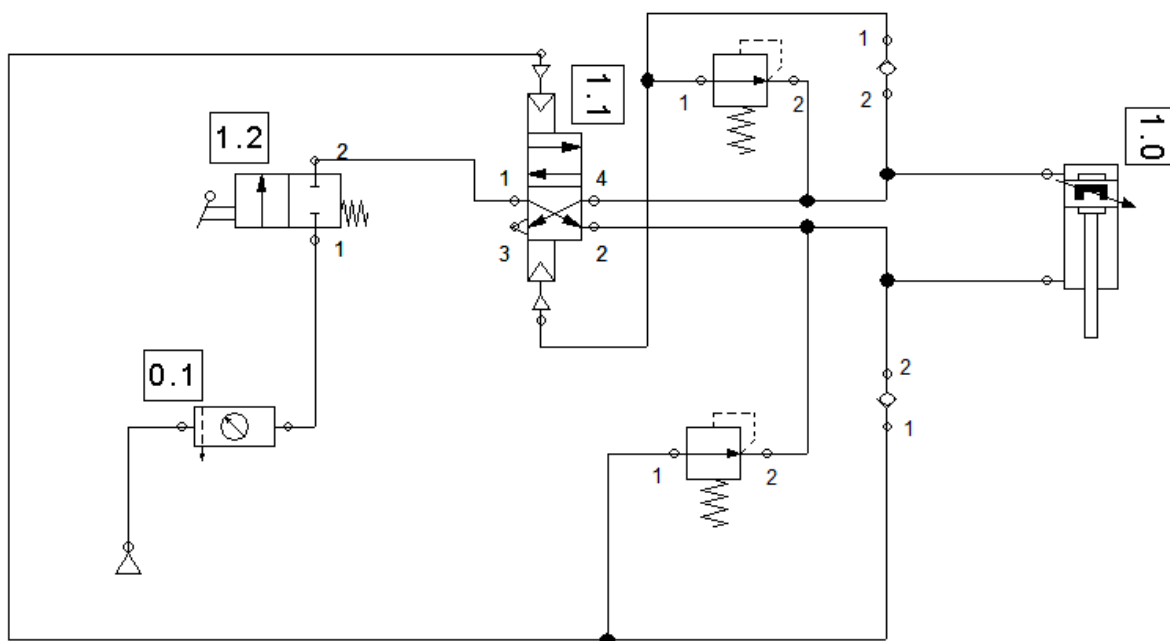


Slika 23. Radno sučelje FluidSim-a

7.2 Shematski prikaz spajanja pneumatskog čekića

Zadatak je prikazati simulaciju rada pneumatskog čekića u programu FluidSim. Kod spajanja zadane sheme koristile su se sljedeće komponente:

- Izvor komprimiranog zraka
- 2/2 razvodnik -> ručno upravljani tipkalom i automatski povratni oprugom
- 4/2 razvodnik -> pneumatski upravljani s obje strane
- 2 regulatora tlaka
- 2 nepovratna ventila
- Dvoradni cilindar s klipnjačom na jednoj strani -> predstavlja klip unutar čekića



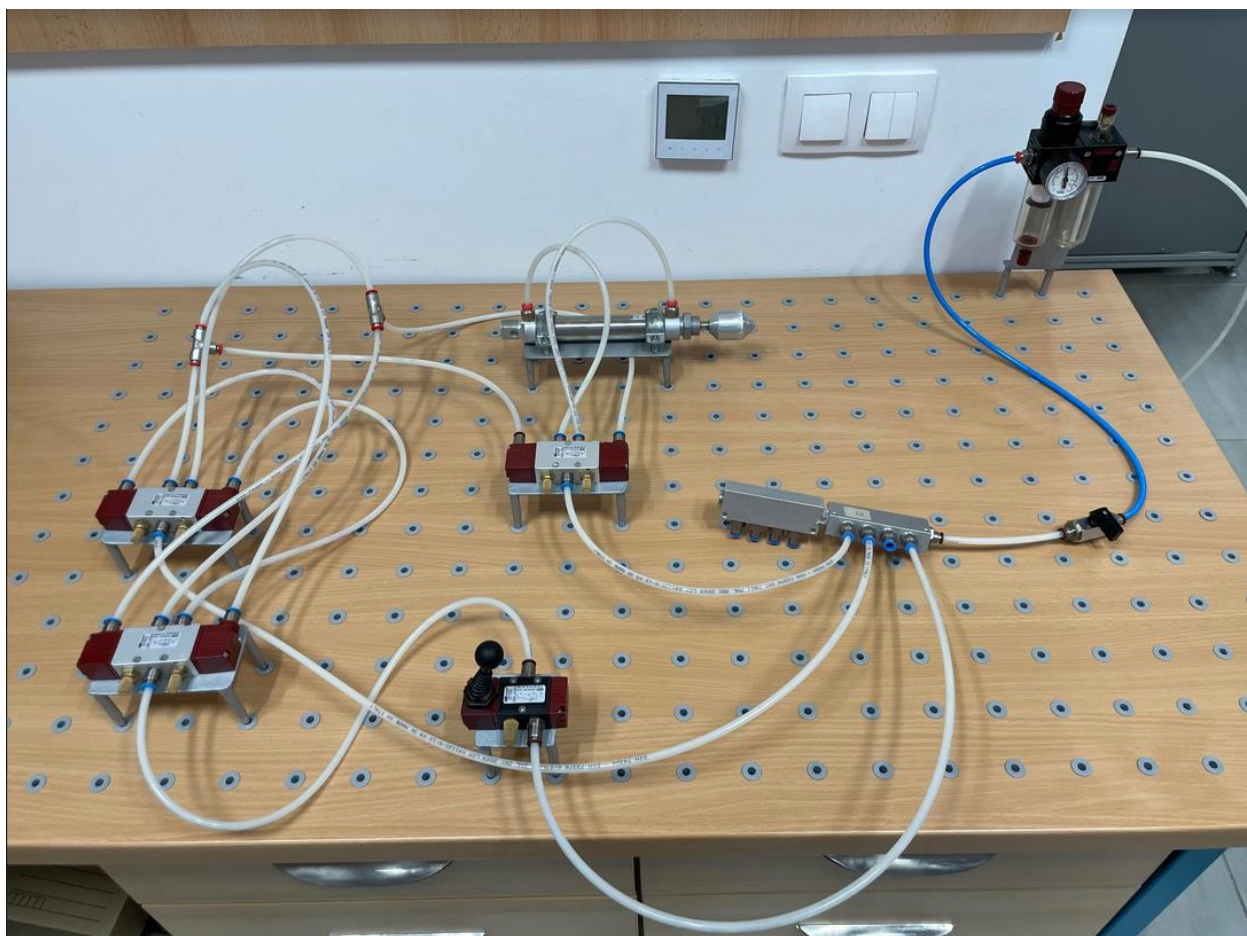
Slika 24. Shema spajanja simulacije pneumatskog čekića

7.3 Princip rada

Zrak iz kompresora dovodimo na 2/2 razvodnik koji se nalazi u početnom zatvorenom stanju. Da bi zrak prošao „dalje“, moramo aktivirati razvodnik pritiskom na tipkalo. Prolaskom zraka kroz prvi razvodnik, zrak dolazi do razvodnika 4/2 koji je postavljen u aktivno stanje tako da zrak prolazi u prednju komoru cilindra. Zbog nepovratnog ventila zrak se preusmjerava na regulator tlaka koji zrak vodi do razvodnika 4/2 te ga aktivira. Nakon aktivacije razvodnika 4/2 zrak puni stražnju komoru te svojim pritiskom omogućuje pokretanje klipa prema naprijed. Nakon dolaska klipa do krajnje točke izvlačenja, zrak se počinje opet sakupljati u prednjoj komori te „tjera“ zrak iz stražnje komore van. Razvodnik 4/2 se vraća u početno stanje i klip se vraća u početnu točku. Proces će se ponavljati sve dok je razvodnik 2/2 aktivan, tj. kad je tipkalo pritisnuto. Brzina kretanja klipa ovisi o dimenzijama klipa i generiranom tlaku koji dovodimo iz kompresora.

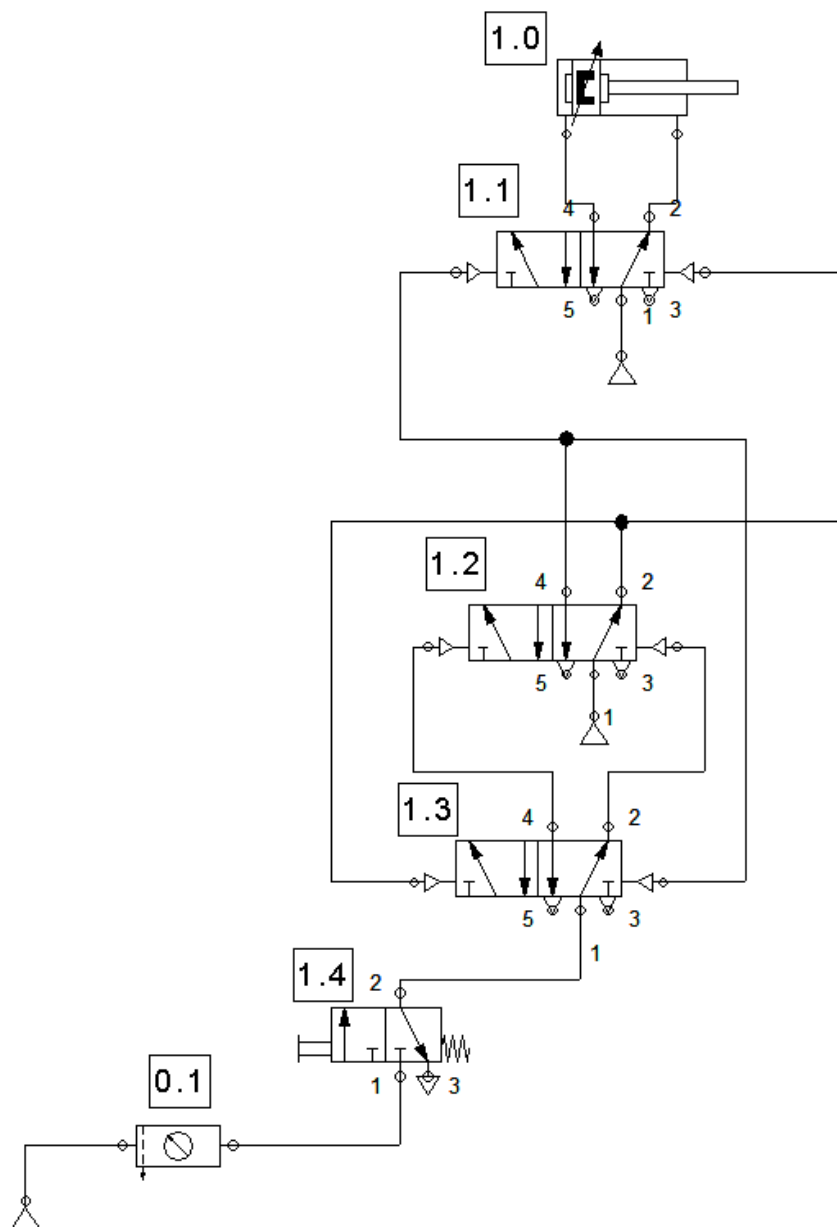
7.4 Spajanje sheme na didaktičkom stolu

Zbog nedostatka nekih komponenata shema spajanja se razradila na drugačiji način. Shema sadrži tri 5/2 razvodnika koji su sa dvoradnim cilindrom spojeni na način prikazan na slici [25]. Simulacija ove sheme prikazuje kretanje klipa unutar cilindra. Razvodnici se preklapaju velikom brzinom pa tako i klip svoje kretanje vrši velikom brzinom. Brzina kojom se razvodnici preklapaju, golim je okom nevidljiva. Brzina izvlačenja klipa predstavlja brzinu udara klipa na alat unutar čekića.



Slika 25. Prikaz spojenih komponenti na didaktičkom stolu

Na slici [26] spoj elemenata na didaktičkom stolu, prikazan je pomoću komponenti iz programa FluidSim.



Slika 26. Shematski prikaz spojenih komponenti na didaktičkom stolu

8. Zaključak

Pneumatski čekići su snažni i učinkoviti alati koji igraju ključnu ulogu u razbijanju tvrdih materijala poput betona, asfalta i kamena, posebno u građevinskim i industrijskim radovima. Unatoč njihovoj neophodnosti, korištenje ovih alata dolazi s određenim problemima kao što su visoka razina buke, vibracije, fizički napor i sigurnosni rizici za radnike. Ipak, uz redovito održavanje, korištenje odgovarajuće zaštitne opreme te primjenu modernih tehnologija koje poboljšavaju ergonomiju i smanjuju štetne učinke, moguće je značajno ublažiti ove negativne aspekte. Sigurnost i funkcionalnost nije smanjena čak ni u slučajevima kada alat i instalacija nisu dobro zabrtvljeni – takve greške idu naravno na trošak ekonomičnosti.

Pneumatski uređaji i njihovi dijelovi općenito se vrlo malo troše (habaju) i zato ti uređaji imaju dugi vijek trajanja i vrlo se rijetko kvare. Još jedna prednost je da uređaje na komprimirani zrak i pneumatske alate možemo bez štete opteretiti do zastoja i zato se smatraju sigurnima od preopterećenja. Napredak u dizajnu i tehnologiji čini pneumatske čekiće učinkovitijima i sigurnijima, što omogućuje njihovu daljnju široku primjenu. Premda njihova uporaba donosi izazove, primjenom odgovarajućih mjera moguće je osigurati siguran i učinkovit rad, čime pneumatski čekići ostaju nezamjenjivi u građevinskoj industriji.

9. Literatura

Knjige i Power Point:

1. Power Point prezentacija – „HIDRAULIKA I PNEUMATIKA“, Veleučilište u Varaždinu - Neven Maleš, dipl. ing.
2. The-Hydraulic-Trainer-Volume-1-Basic-Principles-Components-of-Fluid-Technology
3. Professor_Dr.-Ing._habil._Dietmar_Findeisen – “Ölhydraulik”
4. Power Point prezentacija – „Pneumatika i Hidraulika“ - Zoran Busija, dipl. ing. stroj.
5. Površinske toplinske obrade i inženjerstvo površina – dr. sc. Dragomir Krumes, dipl. ing.
6. Power Point prezentacija – „Elementi Strojeva 2“ – doc.dr.sc. Zlatko Botak

Internet izvori:

1. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22797891/> (pristupljeno 21. srpnja 2024.)
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Jackhammer> (pristupljeno 25. svibnja 2024.)
3. https://zoranpericsplit.weebly.com/uploads/1/2/4/9/12491619/pneumatski_alati.pdf
(pristupljeno 5. rujna 2024.)
4. <https://hr.langvicmachinery.com/hydraulic-equipments/handheld-demolition-hammer.html> (pristupljeno 20. kolovoza 2024.)
5. <https://www.researchpublish.com/upload/book/DEVELOPMENT%20OF%20PNEUMATIC%20HAMMER-7539.pdf> (pristupljeno 5. rujna 2024.)
6. http://www.khadamathydraulic.com/wp-content/uploads/2016/11/Hydraulics_and_Pneumatics_1998.pdf (pristupljeno 1. rujna 2024.)
7. <https://uniortools.com/hr/product/1514-%C4%8Deki%C4%87-pneumatski>
(pristupljeno 25. Kolovoza 2024.)
8. https://www.festo.com/us/en/e/technical-education/digital-learning/virtual-simulation-and-modeling/fluidsim-id_1663056/ (pristupljeno 8. rujna 2024.)
9. <https://www.youtube.com/watch?v=0Def6F-6N4> (pristupljeno 9. rujna 2024.)
10. <https://www.youtube.com/watch?v=6gcQPGXMAeo> (pristupljeno 9. rujna 2024.)
11. <https://www.slideshare.net/mure/hidraulika-i-pneumatika-1-pr#45> (pristupljeno 11. rujna 2024)
12. <https://medium.com/@trhydraulicbreaker/add-more-nitrogen-to-hydraulic-hammer-will-lead-to-explode-3eedd90407c7> (pristupljeno 11. rujna 2024)

13. <http://hr.shall-tools.com/cordless-power-tools/cordless-rotary-hammer.html> (pristupljeno 25. svibanj 2024.)
14. <https://www.trutanic.hr/proizvod/makita-udarni-cekic-hm0870c-2855> (pristupljeno 11. kolovoz 2024.)
15. <https://www.slideshare.net/slideshow/2015-0205-emet-135-week-1-presentation/44391580#11> (pristupljeno 2. rujan 2024.)
16. <https://pacoequip.com/products/air-tools> (pristupljeno 11. rujan 2024.)
17. <https://www.alatimilic.hr/shop/Bosch-Cekic-Stemeric-Razbijac-GSH27VC> (pristupljeno 25. kolovoz 2024.)
18. <https://www.prosco.hr/products/bosch-gsh-11-e-udarni-cekic-sa-sds-max-sustavom> (pristupljeno 25. kolovoz 2024.)
19. https://www.hilti.com/c/CLS_POWER_TOOLS_7125/CLS_DEMOLITION_HAMMER_BR_EAKER_SUB_7125/r9672135 (pristupljeno 13. kolovoz 2024.)
20. https://www.hilti.hr/c/CLS_POWER_TOOLS_7125/CLS_DEMOLITION_HAMMER_BREAKER_SUB_7125/r13250322 (pristupljeno 13. kolovoz 2024.)
21. <https://shop.indas.rs/pneumatski-cilindri-prema-iso-15552-standardu-tip-dcl/> (pristupljeno 27. kolovoz 2024.)
22. <https://copco.hr/proizvod/tex-pneumatski-cekici/> (pristupljeno 15. rujan 2024.)
23. <https://www.senzacionalan.hr/p/pneumatski-iglicasti-cukac-za-hrdu-19-vrhova-4-dlijeta-mar-pol> (pristupljeno 12. rujan 2024.)
24. <https://www.ealati.hr/proizvod/metabo-pneumatski-cekic-dmh-30-set/> (pristupljeno 9. kolovoz 2024.)
25. <https://www.istockphoto.com/photo/construction-bulldozer-and-hydraulic-breaker-isolated-with-clipp-gm540388618-96468647> (pristupljeno 12. rujan 2024.)
26. <https://medium.com/@trhydraulicbreaker/add-more-nitrogen-to-hydraulic-hammer-will-lead-to-explode-3eedd90407c7> (pristupljeno 28. kolovoz 2024.)
27. <https://www.zavas.hr/artikl/122678/rukavice-za-zastitu-od-vibracija/zastitne-rukavice-touch-anti-vibration.html> (pristupljeno 17. kolovoz 2024.)
28. <https://www.unimex.hr/proizvod/zastitne-slusalice-protiv-buke-impact-headband/> (pristupljeno 12. kolovoz 2024.)
29. <https://www.youtube.com/watch?v=xQzqNnWG21s> (pristupljeno 14. Rujna 2024)
30. <https://www.youtube.com/watch?v=Xd9o2D2wmhA> (pristupljeno 15. Rujna 2024)



IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, MARTIN PISKAČ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom OPIS RADA UDARNOG ČETNIKA ZA RUŠENJE (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Martin Piskač, Piskač
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, MARTIN PISKAČ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/a s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom OPIS RADA UDARNOG ČETNIKA ZA RUŠENJE (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Martin Piskač
(vlastoručni potpis)
Piskač

10. Popis slika

- Slika 1. Elektromehanički čekić s alatom za udarno bušenje
- Slika 2. Presjek mehanizma za udarce
- Slika 3. Prikaz kretanja klipa naprijed
- Slika 4. Prikaz kretanja klipa natrag
- Slika 5. Elektro-mehanički čekić proizvođača „Makita“
- Slika 6. Pneumatski čekić
- Slika 7. CP 4130
- Slika 8. CP 0017 SVR
- Slika 9. Bosch GSH 27
- Slika 10. Bosch 11 E
- Slika 11. Hilti TE 1000–AVR
- Slika 12. Hilti TE 2000–22
- Slika 13. Presjek - Prikaz ulaza i izlaza komprimiranog zraka
- Slika 14. Konstrukcija cilindra prema ISO 6431
- Slika 15. Prikaz korištenja pneumatskog čekića u praksi
- Slika 16. Pneumatski čekić sa igličastim nastavcima za skidanje hrđe
- Slika 17. Lagani pneumatski čekić s različitim nastavcima
- Slika 18. Hidraulični čekić pričvršćen na stroju
- Slika 19. Shematski prikaz „Procesa pretvorbe energije“
- Slika 20. Presjek – Hidraulični čekić s dušikom
- Slika 21. Antivibracijske rukavice
- Slika 22. Slušalice protiv buke
- Slika 23. Radno sučelje FluidSim-a
- Slika 24. Shema spajanja simulacije pneumatskog čekića
- Slika 25. Prikaz spojenih komponenti na didaktičkom stolu
- Slika 26. Shematski prikaz spojenih komponenti na didaktičkom stolu