

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Производно машинство

Предмет: Машине алатке

Број индекса: 20/2014

Саша З. Стевановић

Обрадивост одливака од алуминијума добијени слободним ливењем завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Богдан Недић-ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да изврши прикупљање и систематизацију података о алуминијуму и његовим легурама. Потребно је детаљно описати својства легура и њихов избор. У посебном поглављу описати поступке ливења алуминијума и његових легура. У експерименталном делу рада извршити обраду стругањем неколико различитих узорака добијених слободним ливењем легура алуминијума. Са аспекта квалитета обрађене површине дати оцену обрадивости испитаних узорака.

Препоручена литература:

- [1] Недић, Б., Ђукић, В.: Алуминиум и његове легуре“, Књига о рукопису, Крагујевац, 2010
- [2] Адамовић, Д., Лазић, В., Јовановић, М., Ратковић, Н. : „Машински материјали“, Машински факултет у Крагујевцу, 2003.
- [3] Трипало, А. : „Технологија прераде алуминија“, Техничка књига, 1966
- [4] Ковач, Р. : „Технологија израде одливака“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2002
- [5] Недић, Б., Лазић, М. : „Обрада метала резањем“, Машински факултет, Крагујевац, 2007

Крагујевац, 2017

Ментор:

Др Богдан Недић

САДРЖАЈ

1.	УВОД.....	1
2.	АЛУМИНИЈУМ И ЊЕГОВЕ ЛЕГУРЕ	3
2.1	Алуминијум	3
2.2	Легури алуминијума	6
2.2.1	Легури алуминијума за ливење	7
2.2.2	Силумини- легури алуминијума и силицијума за ливење.....	7
2.2.2.1	Подеутектичке легури	8
2.2.2.2	Еутектичке легури	9
2.2.2.3	Надеутектичке легури	9
2.2.3	Избор квалитета силумина	10
2.2.4	Легури алуминијума и бакра за ливење	11
2.2.5	Термичко очвршћавање	11
2.2.6	Легури алуминијума и магнезијума за ливење	11
3.	ЛИВЕЊЕ АЛУМИНИЈУМА.....	12
3.1	Ливење у пешчаним калупима	13
3.2	Ливење у металним калупима (кокилама) – слободно ливење.....	15
3.3	Ливење под притиском	16
3.4	Центрифугално ливење.....	18
3.5	Јамске пећи.....	19
3.6	Електро-пећи.....	20
4.	ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ИСПИТИВАЊА	23
5.	ЗАКЉУЧАК.....	35
6.	ЛИТЕРАТУРА	36
7.	ПРИЛОГ	37

Резиме

У овом завршном раду су описане и анализиране карактеристике алуминијума и његових легура. Описане су предности и мане алуминијума, начин добијања, област примене и извршена је основна подела легура алуминијума. Посебна пажња је посвећена легурама алуминијума за ливење. Представљени су и детаљно анализирани сви поступци ливења алуминијума и његових легура као и пећи које се користе за топљење. Експериментална испитивања су имала за циљ одређивање обрадивости стругањем одливака алуминијума добијени слободним ливењем са аспекта квалитета обрађене површине.

Кључне речи: Алуминијум, легуре алуминијума, ливење

Abstract:

In this thesis, the characteristics of aluminium and aluminium alloys are described and analyzed. The advantages and disadvantages of aluminium are described, the method of obtaining, the field of application and the basic classification of aluminium alloys have been performed. The special attention was to aluminium foundry alloys. All foundry process of aluminium and aluminium alloys as well furnaces used for melting it have been presented and analyzed in detail. The experimental tests were carried to determining the workability by scraping aluminum castings obtained by foundry from the aspect of the quality of the treated surface.

Key words: Aluminium, aluminium alloys, foundry

1. УВОД

Алуминијум припада групи лаких метала, јер има густину $2,7 \text{ kg/dm}^3$. Алуминијум се добија из руде боксита (садржи око 50% Al) која се прерађује у глиницу Al_2O_3 , из које се издваја електролизом при чему се троши пуно електричне енергије.

Алуминијум је веома погодан за пластично обликовање, али има слаба механичка својства. Механичка својства алуминијума могу се значајно побољшати легирајућим елементима стварајући тако легуре алуминијума. Легуре алуминијума обухватају врсте са најмање 87% алуминијума и додатком лаких и тешких метала. Одликују се малом масом, знатном чврстоћом и тврдоћом а поједине врсте знатном отпорношћу према корозији. За легирање алуминијума најчешће се користе:

- Бакар (Cu),
- Магнезијум (Mg),
- Манган (Mn),
- Цинк (Zn);
- Силицијум (Si).

Према технолошкој преради легуре алуминијума се деле на:

- Легуре за ливење;
- Легуре за гњечење [1].

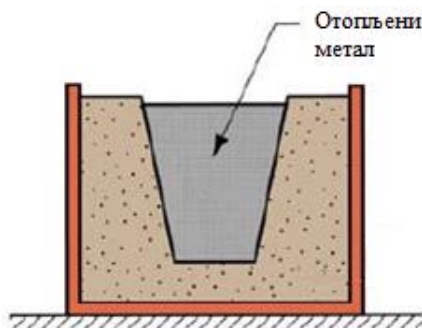
Алуминијум и његове легуре користе се у електроиндустрији (посебно при изради електропроводника), аутомобилској индустрији, авионској индустрији, домаћинству и другим областима. Последњих деценија легуре алуминијума замењују челик, бакар и дрво [6]. Изглед алуминијума приказан је на слици 1.



Слика 1. Изглед алуминијума

Ливење је једна од технологија обликовања предмета од метала којом се растопљени метал обликује уливањем у калупе. Одливак поприма облик и димензије калупа. Захваљујући својствима растопљеног метала, ливењем се могу произвести одливци најразличитијег облика [7]. Применом ливених делова постиже се поједностављење конструкције у бродоградњи, док се у аутомобилској индустрији ливени делови користе као блокови, главе и клипови мотора. Савремена технологија и модернија опрема за ливење омогућава добијање одливака различитих димензија, тачности и квалитета површине, чиме је потреба за накнадном механичком обрадом све мање присутна [8].

Код слободног ливења течни метал се улива и попуњава шупљине калупа под дејством сопствене тежине. Слободним ливењем се добијају делови мање сложености. Слободно ливење се користи при малосеријској и серијској производњи делова, у ливачким радионицама где се делови добијају ливењем у металним калупима (кокилама). Калуп за слободно ливење приказан је на слици 2.



Слика 2. Изглед калупа за слободно ливење

Промена облика, димензија, храпавости обрађених површина и карактеристика површинског слоја се може извршити уз помоћ поступака обраде метала резањем, односно уклањањем вишка материјала механичким дејством резног алата на предмет обраде. У ове поступке спадају бушење, брушење, стругање, глодање, тестерисање, рендисање, провлачење и глачање [9].

Алуминијум и његове легуре спадају у боље обрадиве материјале од осталих метала. Силе резања су углавном ниске. Алуминијум добро проводи топлоту, већина легура се топи на температурама између 500 и 600 °С, температуре резања су ниске и хабање алата је такође мало. Највеће проблеме код обрадивости алуминијума и његових легура представља квалитет обрађене површине.

У другом поглављу описана су својства алуминијума и његових легура. Извршена је подела легура алуминијума за ливење, као и избор квалитета легура.

У трећем поглављу је описани су сви поступци ливења алуминијума и његових легура и описане су пећи које се користе за њихово топљење.

У четвртном поглављу описан је поступак експерименталног испитивања обрадивости одливака од алуминијума добијени слободним ливењем при обради стругањем. Табеларно су приказани резултати експерименталног испитивања за сваки узорак појединачно и на основу добијених резултата графички су приказани дијаграми зависности средњег аритметичког одступања профила од средње линије профила (R_a), средње максималне висине неравнина (R_{tm}) и услова обраде.

2. АЛУМИНИЈУМ И ЊЕГОВЕ ЛЕГУРЕ

2.1 Алуминијум

Алуминијум је хемијски елемент са симболом **Al** и атомским бројем 13. У периодном систему елемената спада у метале III главне групе, познату и као групу бора, раније звана група земних метала. Алуминијум је сребренасто-бели лаки метал. Он је трећи најзаступљенији елемент и најчешћи метал у Земљиној кори. У 2010. години ископано је и прерађено око 41 милиона тона примарног алуминијума [8]. Производња алуминијума је позната непуних 150 година. Због карактеристика, по производњи заузима друго место међу техничким металима [6].

Алуминијум је веома подесан с обзиром да се одликује бројним својствима од којих су најважније:

- Добра корозиона постојаност,
- Мала густина,
- Добра топлотна проводљивост,
- Добра електрична проводљивост,
- Добра пластичност;
- Способност ојачања пластичним деформисањем.

Лоше особине алуминијума су:

- Ниска затезна чврстоћа,
- Ниска граница течења;
- Мала тврдоћа.

За ливено стање:

- Затезна чврстоћа, $R_m = 90-120 \text{ МПа}$,
- Граница течења, $R_p = 30-40 \text{ МПа}$;
- Тврдоћа, $HBS = 24-32$.

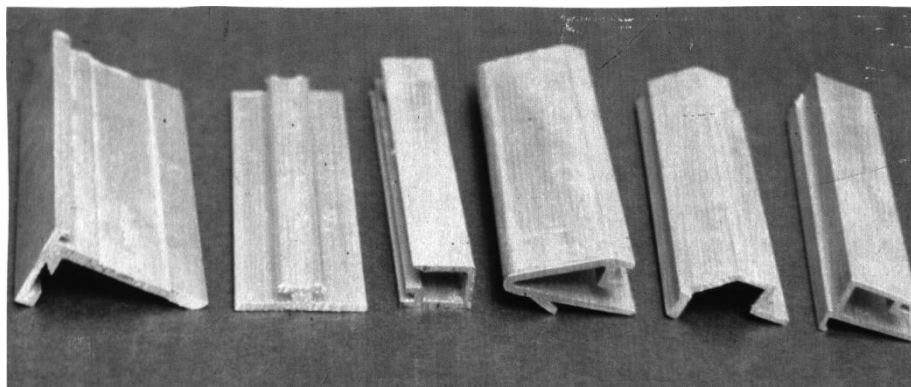
За жарено стање:

- Затезна чврстоћа, $R_m = 70-110 \text{ МПа}$,
- Граница течења, $R_p = 25-35 \text{ МПа}$;
- Тврдоћа, $HBS = 14-25$.

Отпорност на корозију заснива се на врло брзом стварању заштитног слоја алуминијум оксида Al_2O_3 на површини дела. Заштитна кора се не сме оштетити а посебним поступцима се може ојачати. Електрична проводљивост алуминијума је добра и износи око 60% проводљивости бакра због чега се често користи за далекове високог напона. Добра топлотна проводљивост, зависно од чистоте алуминијума, уз малу густину и добру отпорност према бројним хемикалијама омогућује примену алуминијума и његових легура у разним гранама индустрије.

Примена хладне пластичне деформације може у извесној мери побољшати механичка својства алуминијума, тако затезна чврстоћа при високом степену хладне деформације се може и двоструко увећати. Алуминијум нема алтропске модификације па се термички не може обрадити, односно не предвиђају се никакве операције термичке обраде. На својства чврстоће чистог алуминијума највећи утицај имају присутне нечистоће па је најбоље користити квалитете са већом чврстоћом.

Посматрана својства чистог алуминијума су добра, јер алуминијум има добру ливкост, добру обрадивост пластичном обрадом, како на топло тако и на хладно, као и добру обрадивост резањем. Брзина резања износи 150-200 m/min. Заварљивост алуминијума је добра, а могу се применити гасно и електролучно заваривање, данас у заштити аргона [1]. Пример полупроизвода чистог алуминијума приказан је на слици 3.



Слика 3. *Пример полупроизвода од чистог алуминијума*

Алуминијум се први пут покушао произвести у Енглеској 1807. године из земље која је названа алумина. Следећи покушај бележи се 1825. године у Данској и у Немачкој 1827. године. Алуминијум је у почетку био нечист и веома скуп, његова цена је била приближна цени злата. 1855. године француски хемичар Сент Клер Девил издваја алуминијум на индустријски начин електрохемијском редукцијом алуминијума хлорида (чистоће 96-97%). На светској изложби у Паризу 1855. године алуминијум је представљен као сребро из глине. Стварни почетак производње алуминијума је 1866. године, када су Чарсл Мартин Хол у САД-у и Пол Херо у Француској проналазе економски оправдано решење поступка електролизе. 1892. године Аустријанац Бајер патентирао је поступак добијања алуминијум оксида- глинице (Al_2O_3) из руде боксита који се и данас користи.

Технолошки процес добијања алуминијума се изводи у 2 фазе:

- **I фаза-** добијање алуминијум-оксида (глинице) из руде (боксит);
- **II фаза-** издвајање алуминијума из алуминијум оксида који је растопљен криолитом, електролизом по поступку Хероулта и Хала.

Основна сировина за добијање алуминијума је руда боксит, чији је изглед приказан на слици 4, богата алуминијум оксидом. Добила је назив по француском градићу Ле Бо где је први пут пронађена. Боксит се састоји од мешавине хидроксида алуминијума (Al_2O_3 , H_2O или $3 \text{H}_2\text{O}$) са примесама силицијум диоксида, титан оксида итд. У техничкој пракси обично се разликују црвени боксит са мало силицијум диоксида и бели боксит са много силицијум диоксида. Техничка вредност боксита је тиме већа што садржи мање силицијум и титан оксида.

Алуминијум оксид се у бокситу појављује у три хидратизоване минералне врсте:

- Хидрагилит,
- Бемит;
- Дијаспор.

Боксити се међусобно разликују по боји, од беле до тамно смеђе. Разликују се по тврдоћи, хидрагилитни боксити су најмекши, а дијаспорни су најтврђи [6].



Слика 4. Боксит [11]

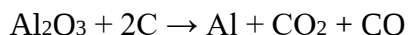
Алуминијум се добија електролизом глинице у електролитичким пећима, које се састоје од угљених електрода:

- Аноде;
- Катоде.

Катодни део пећи је израђен у облику корита и састоји се од угљених блокова, који су међусобно повезани специјалном угљеном масом за набијање. Аноде су печени угљени блокови. Израђују се од најчишћих угљених материјала са садржајем пепела од 1%. Катоде се израђују од истих материјала као и аноде, али и од антрацита, металуршког кокса и других материјала са садржајем пепела до 3%. Глиница се отапа у криолиту (концентрација до 20%) и тако добијена смеша има тачку мржњења 930-1000 °C, дакле изнад тачке мржњења коју има алуминијум (658 °C), то је важно, због спречавања хемијске реакције између алуминијума и електролита.

Пећ за електролизу састоји се из низа ћелија, у којима се затвара струјни круг између аноде (+) и катоде (-) преко електролита.

Процес електролизе одвија се према реакцији:



Издвојени алуминијум у течном стању се налази на дну пећи и вади се свака 3 до 4 дана. За производњу једне тоне алуминијума потребно је две тоне глинице односно пет тона боксита, при потрошњи струје 15000-20000 kWh, што поскупљује процес добијања алуминијума [6].

Подела алуминијума према начину добијања може се извршити на примарни и секундарни алуминијум.

Примарни алуминијум представља алуминијум добијен електролизом глинице изливен у блокове или друге облике подесне за прераду гњечењем.

Примарни алуминијум се може, зависно од садржаја нечистоћа поделити на:

- Алуминијум посебне чистоће,
- Алуминијум високе чистоће;
- Алуминијум техничке чврстоће.

Поред примарног алуминијума у пракси се сусреће и секундарни алуминијум који представља отпад настао у поступку прераде и обраде [1].

2.2 Легуре алуминијума

Легуре алуминијума у свом саставу имају намерно додате елементе који изазивају измену бројних својстава а посебно чврстоће и омогућавају термичку обраду. Према броју легирајућих елемената разликују се:

- Двојне легуре,
- Тројне легуре;
- Сложене легуре (када су у легури алуминијума присутни четири и више легирајућих елемената).

Према технолошкој преради легуре алуминијума се деле на:

- Легуре за ливење;
- Легуре за гњечење.

Према понашању легура алуминијума при термичком очвршћавању деле се на:

- Каљиве;
- Некаљиве легуре.

Као легирајући елементи најчешће се користе:

- Бакар (Cu),
- Магнезијум (Mg),
- Манган (Mn),
- Цинк (Zn);
- Силицијум (Si).

2.2.1 Легуре алуминијума за ливење

Одливци од чистог алуминијума користе се врло ретко, с обзиром на низ лоших карактеристика као што су:

- Ниска затезна чврстоћа,
- Велико скраћење (око 1,8%),
- Значајно упијање гасова;
- Лакоћа оксидације и др.

Легуре налазе примену у случајевима када се од одливка захтева висока хемијска постојаност, висока електрична и топлотна проводљивост. Главни легирајући елементи у легурама алуминијума за ливење су бакар, силицијум и магнезијум.

Основне одлике легура алуминијума за ливење су:

- Добра ливкост,
- Пропорционално добра механичка својства,
- Добра отпорност на корозију,
- Добра обрадивост резањем,
- Могућност повећања чврстоће за неке врсте легура;
- Ниска густина која се креће у границама 2,5 - 2,8 kg/dm³.

Највећи значај имају легуре алуминијума са силицијумом, тзв. силумини, затим легуре алуминијума са магнезијумом, с обзиром на добра својства чврстоће и добре отпорности на корозију али са знатним технолошким потешкоћама и на крају легуре алуминијума са бакром, најстарије легуре алуминијума.

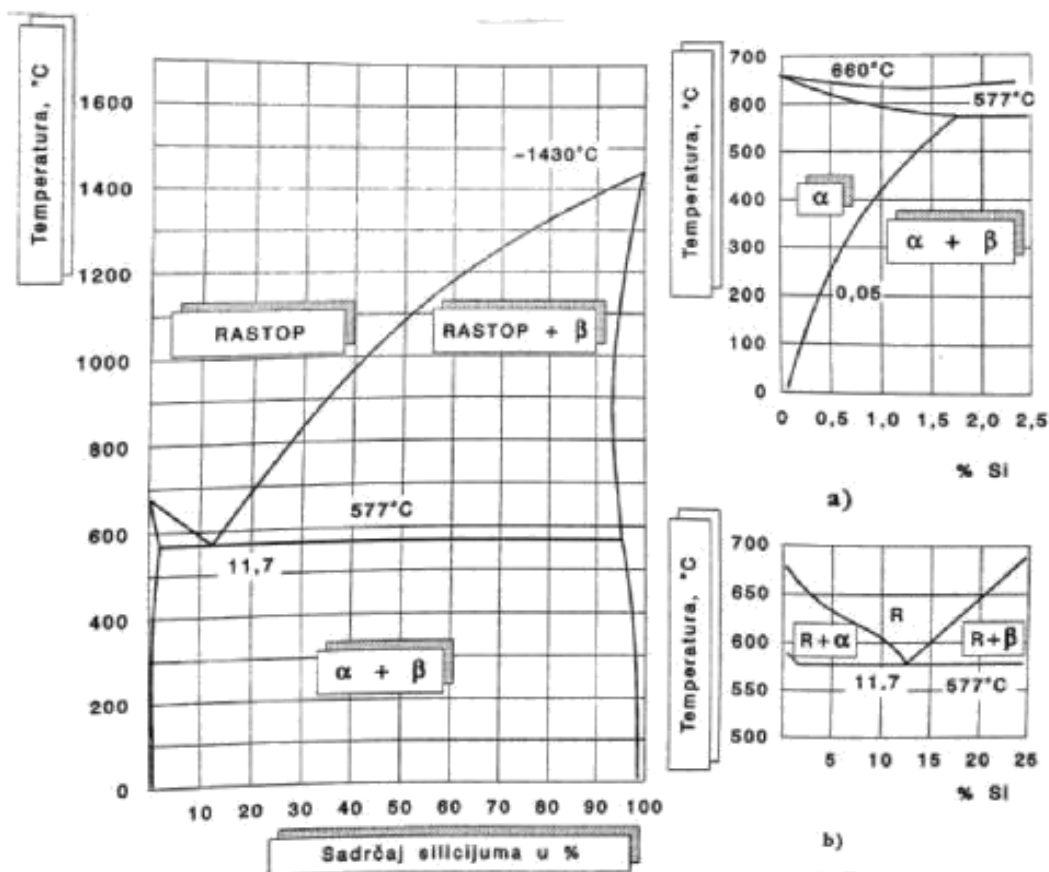
2.2.2 Силумини- легуре алуминијума и силицијума за ливење

Легуре алуминијума и силицијума за ливење, које се у пракси називају силумини, представљају најчешће примењене легуре за ливење, код којих се садржај силицијума креће и до 20%.

Основне одлике овог типа легура су:

- Добра ливкост,
- Линеарно скраћење (нешти изнад 1%),
- Ниска температура ливења (680-780 °C),
- Мала осетљивост на стварање прелина на топло;
- Висока отпорност према корозији.

Алуминијум са силицијумом гради дијаграм стања двојне легуре Al-Si који се карактерише еутектикумом и мањом граничном растворљивошћу силицијума у α - фази који је приказан на слици 5.



Слика 5. Дијаграм стања двојне легуре Al-Si [1]

Растворљивост силицијума у алуминијуму је веома ниска, тако да у α - фази на собним температурама (слика 5, под а) садржај силицијума тежи нули, због чега се силумин не може термички очвршћавати.

Еутектички садржај силицијума у алуминијума (слика 5, под б) износи 11,7% силицијума, што може послужити као основа за поделу силумина на:

- Подеутектички, са садржајем 4-10% силицијума,
- Еутектички, са садржајем 10-13% силицијума;
- Надеутектички, са садржајем 17-30% силицијума.

2.2.2.1 Подеутектичке легуре

Подеутектички силумини у свом саставу имају поред силицијума бакар и магнезијум односно гвожђе. Средњи садржај силицијума, према нашим стандардима 6%, 8% односно 10%, а стандардне легуре су:

- AlSi_6Cu_4 , односно $\text{AlSi}_6\text{Cu}_4(\text{Fe})$,
- AlSi_8Cu_3 , односно $\text{AlSi}_8\text{Cu}_3(\text{Fe})$,
- AlSi_5Mg ;
- $\text{AlSi}_{10}\text{Mg}$, односно $\text{AlSi}_{10}\text{Mg}(\text{Fe})$.

Бакар присутан у силумину повећава чврстоћу, позитивно утиче на обрадивост резањем али снижава отпорност према корозији, због чега се не препоручује у већем садржају од 4 %.

Магнезијум присутан у силумину у садржају 0,2-0,8 % утиче на повећање ливкости због чега се користе за сложене и јако оптерећене делове нпр. главе мотора за моторе са унутрашњим сагоревањем. Други значајан утицај магнезијума као присутног елемента је стварање могућности да се силумини термички дисперзно очвршћавају.

Гвожђе, увек присутно у силуминима, гради једињење AlSi_2Fe које се одликује високом тврдоћом али великом кртошћу с обзиром да се у структури јавља у облику дугих карактеристичних иглица које утичу на смањење пластичности и ударне жилавости. Умањење штетног утицаја иглица једињења AlCuSi_2Fe , путем њиховог дробљења, је додатак легури алуминијума и силицијума 0,3-0,4 % мангана, односно кобалта што се врло често и користи. Присуство гвожђа у силуминима изазива повећање температуре топљења, затим густину у односу на алуминијум, затим стварања могућности сегрегације, а оно што је најважније је смањење отпорности према корозији.

2.2.2.2 Еутектичке легуре

Еутектички силумини су сложене легуре алуминијума које у свом саставу поред силицијума имају бакар и гвожђе. Средњи садржај силицијума, према нашим стандардима, износи око 12 %, а стандардне легуре су:

- AlSi_{12} односно $\text{AlSi}_{12}(\text{Fe})$;
- $\text{AlSi}_{12}\text{Cu}$ односно $\text{AlSi}_{12}(\text{ZCu})$.

При преради силумина са еутектичким садржајем настају знатни проблеми, с обзиром да се легурама са већим садржајем изнад еутектичког, нпр. око 13 % силицијума, при лаганом хлађењу (ливења у песку) настају крупни примарни кристали силицијума у облику иглица и плочица, што изазива раст кртости легуре.

Решење проблема кртости изводи се модификацијом силумина, додавањем око 0,1 % натријума на температури 720-780 °C (у металном облику натријумових соли) чиме се уситњава структура, односно плочице и иглице кристала силицијума се дробе и заобљавају. На тај начин еутектикум има веома фину механичку мешавину, чиме се знатно побољшавају својства чврстоће и ударне жилавости. Модификација силумина изводи се првенствено код лива у песку, а код кокилног лива она нема тако изражен ефекат, с обзиром да се услед наглог хлађења растопљене легуре издваја фина еутектичка структура са ретким издвојеним примарним кристалима силицијума. Подеутектичке и еутектичке легуре силумина због својих бројним позитивних својстава имају веома широку примену.

2.2.2.3 Надеутектичке легуре

Надеутектички силумини су сложене легуре које у свом саставу имају 17-30% силицијума, и као легуре се јављају последњих 50 година, а првенствено за одливке блокова мотора са унутрашњим сагоревањем.

Поред високог садржаја силицијума у легури су присутни и бакар, никл, магнезијум, манган понекад и кобалт. Тако за повећање својстава чврстоће на повишеним температурама додаје се бакар, никл и кобалт, а за повећање отпорности према корозији додаје се манган. За омогућавање дисперзног очвршћавања силумина додаје се магнезијум.

Надеутектички силумини имају високу отпорност према хабању и добре клизне особине, затим добра механичка својства на повишеним температурама. Проводљивост топлоте је мала, а слаба је и обрадивост резањем. Надеутектичке силумине одликује врло низак коефицијент линеарног ширења $\alpha = (16-18) \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

2.2.3 Избор квалитета силумина

Последњих година изражено је знатно веће интересовање за обраду метала ливењем с обзиром да је савремена технологија решила бројне проблеме ливарства. Легуре алуминијума, у првом реду силумини, могу се користити за израду одливака врло сложених облика и веома танких зидова, што је од посебног значаја за аутомобилску индустрију.

На основу начина изливања одливака разликују се:

- Пешчани лив,
- Кокилни лив,
- Лив под притиском;

Квалитет силумина за ливење силумина у песку, симбол Р по нашим стандардима односно G према ДИН стандарду.

Квалитет силумина за ливење силумина у кокилама, симбол Ко по нашим стандардима односно GK према ДИН стандарду.

Симбол за означавање ливења силумина под притиском је Т, према нашим стандардима, односно GD према ДИН стандарду.

Упоредивање основних својстава одливака ради лакшег избора врсте одливка, у песку, у кокилама и под притиском илуструје табела 1.

Табела 1. Ознака симбола: 1-веома повољно, 2-добро и 3-неповољно

Врста одливка	Величина	Дебљина зида	Тачност мера	Време израде	Шкарт	Чврстоћа	Изглед	Учинак	Цена Израде
У песку	1*	3	3	3	3	2	3/2	3	3
У кокилама	2	2	2/1	2	2	1	1/2	2	2/3
Под притиском	3	1	1	1	1	2	1	1	1

2.2.4 Легуре алуминијума и бакра за ливење

Легуре алуминијума и бакра припадају групи најстаријих легура алуминијума, али њихова примена, иако су каљиве легуре, знатно је мања у односу на силумине, с обзиром на врло високу склоност ка образовању прслина на топло у току ливења.

Садржај бакра у легурама алуминијума за ливење може се кретати и до 12 %, али уобичајени садржај бакра је 3,5-5,5 %, што је обезбеђује најбоља својства, с обзиром да гради чврсти раствор попуне, што и представља основну одлику ове легуре. Алуминијум са бакром гради дијаграм стања двојне легуре Al-Cu који се карактерише еутектикумом и растворљивошћу бакра у α - фази. Растворљивост бакра у алуминијуму расте са повећањем температуре, тако да највећа растворљивост износи 5,7% на температури од 548 °C. Та чињеница да се растворљивост бакра у α -фази смањује снижењем температуре омогућује термичку обраду каљења односно термичко очвршћавање легуре.

2.2.5 Термичко очвршћавање

Легуре алуминијума и бакра се одликују топлотним очвршћавањем, односно могућношћу каљења тј. повећавања тврдоће и затезне чврстоће на знатно виши ниво. Треба истаћи разлику између каљења челика и каљења легура алуминијума, с обзиром да се код челика наглим хлађењем тренутно постиже мартензитна структура, односно врло висока тврдоћа, а да код каљења легура алуминијума тврдоћа после наглог хлађења остаје иста. Тако процес очвршћавања зависи како од температуре на којој се обавља, тако и од времена старења. Настало очвршћавање знатно је веће на вишим температурама, а такође и знатно брже. Легуре се термички обрађују путем каљења, односно жарења. Каљење се састоји из дуготрајног загревања у трајању 4-8 часова на температури 520-530 °C, са хлађењем у води температуре 50-80 °C. Природно старење изводи се на температури од 20 °C у трајању од 120 часова, а вештачко старење се изводи поновним загревањем на температури од 150° C у току 18-24 часа.

2.2.6 Легуре алуминијума и магнезијума за ливење

Легуре алуминијума и магнезијума припадају групи, после силумина, најчешће примењених легура за ливење и то првенствено због њихове постојаности према корозији у морској води и алкалним растворима.

Садржај магнезијума у легурама алуминијума за ливење креће се и до 12 %, али уобичајени садржај магнезијума је око 3-9 %, често са додатком силицијума ради омогућавања термичког очвршћавања. Основне карактеристике легура Al-Mg су отпорност према корозији, топлотно очвршћавају и нешто су ниже густине, али присутне су и бројне негативне карактеристике као што су лоша ливкост и већа склоност ка стварању прслина.

Растворљивост магнезијума у алуминијуму је знатна, и на еутектичкој температури од 451 °C она износи 15,3 %, а на температури 20 °C око 1,4 %, односно са променом температуре се мења и растворљивост.

3. ЛИВЕЊЕ АЛУМИНИЈУМА

Ливење је поступак обраде метала без скидања струготине. Ливење представља технологију обликовања металних предмета ливењем растопљеног метала у одређене калупе помоћу модела, да би се тако, после хлађења добио одливак. Ливење је веома погодан поступак израде машинских делова чији је облик компликован са унутрашњим контурама и неправилним каналима. Ливење се такође користи и за економичнију израду машинских делова и елемената [8]. Ливење се још може дефинисати као поступак попуњавања простора одређеног облика течним металом, тако да по завршетку процеса очвршћавања метал задржава облик тог простора. Очврснути метал се назива одливак, а простор који се пуни течним металом калуп. Поступак ливење у металним калупима приказано је на слици 6.



Слика 6. Приказ поступка ливења

Ливењем је могуће добити одливке различитих облика и маса, од неколико грама па до више стотина тона, дужине неколико центиметара и неколико метара, и делове са дебљином зидова од 0,5-500 mm, као што су блокови цилиндара, клипови, делови редуктора, зупчаници, лопатице турбина и многих других делова [9].

Чист алуминијум је мале јачине и лоше ливкости, па се често алуминијумски одливци праве само за потребе електротехнике. Насупрот чистом алуминијуму, неке легуре се лако лију, те су зато погодне за танкозидне делове сложеног облика. Пример одливака различите геометрије приказан је на слици 7.

Алуминијум и његове легуре лију се у:

- Пешчаним калупима,
- Металним калупима (кокилама) – слободно ливење,
- Под притиском;
- Центрифугално.



Слика 7. Одливци различите геометрије

Легуре алуминијума топе се у:

- Јамским пећима,
- Електро-пећима (електроотпорне и индукционим);
- Огњишне пећи загреване ложивим уљем, плином или угљеним прахом [2].

3.1 Ливење у пешчаним калупима

Ливење у пешчаним калупима (ливење у песку) је један од највише коришћених поступака за добијање одливака, од 70-75 % свих одливака који се користе у машинској индустрији су добијени овим начином ливења. Основна карактеристика ливења у песку је што могу да се производе одливци веома сложених облика и различитих маса.

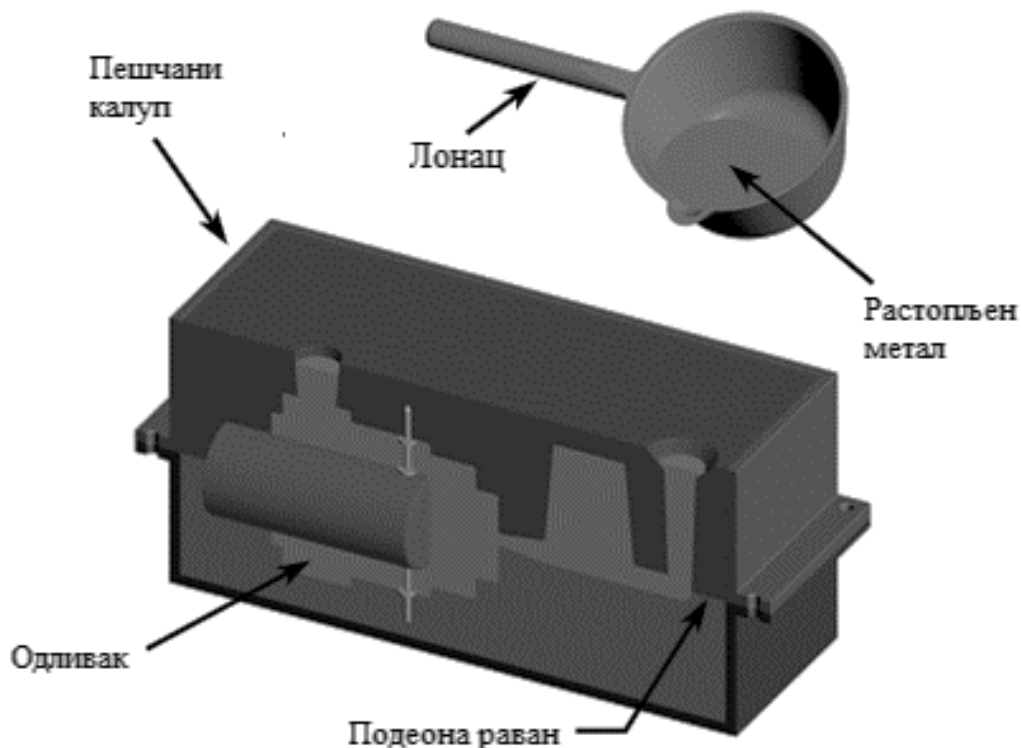
Ливење у пешчаним калупима се одвија уз једнократну употребу калупа, који се после кристализације (очвршћавања) одливка разара. За израду калупа потребни су модели. Модел служи за образовање унутрашње шупљине у калупу и има исту спољашњу конфигурацију као и одливак, који треба се добије ливењем. Модел је копија одливка, али се од њега разликује по томе што је нешто већих димензија- због скупљања материјала и коначне машинске обраде одливака. За израду модела могу се користити дрво, метал, пластичне масе гипс, цемент, бетон. Избор материјала за израду модела зависи од сложености дела који се лије. У малосеријској производњи модел се углавном израђује од дрвета, док се у масовној производњи користи модел од метала због његове веће чврстоће и димензионе стабилности. Изглед једноставног и сложеног модела приказан је на слици 8.



Слика 8. Изглед једноставног и сложеног модела

За израду калупне и језгране мешавине користи се ливачки песак природни и вештачки, који се састоји од кварцног песка, глине, везивних средстава и различитих помоћних материјала. Квалитет одливка зависи од квалитета калупне мешавине. При изради калупа и језгра користи се ливачки алат који је разноврстан, а може бити основни и помоћни [9].

Ако одливак има унутрашњу шупљину потребно је израдити језгро. На плочама за калуповање се поставе одговарајући модели, који се запраше прахом који се назива ликаподијум. Запрашивање се врши да се влажан песак не би залепио за модел. Затим се калупна мешавина ручним набијачима или помоћу калупарских машина сабија у металне оквири тзв. калупнике. Након сабијања песка обезбеде се канали за одвођење гасова из калупа који могу да проузрокују порозност одливака и самим тим га учине неупотребљивим. Тако сабијен део калупа се окреће а следећа операција је сабијање песка у горњем делу калупа. Када се и ова операција заврши раставе се калупи и из њих изваде модели. Пре наливања растопљеног материјала калуп се мора потпуно спојити, тако да образује чврсто налегање. Тада се кроз чашу и канале уливног система растопљени метал улива у шупљину калупа. Након неког одређеног времена, када се растопљени метал охлади, калупи се раздвајају и вади се одливак. Након вађења одливак се хлади до собне температуре, затим се врши одсецање уливног система и чишћење [8]. Поступак ливења у песку је приказан на слици 9.



Слика 9. Поступак ливења у песку

3.2 Ливење у металним калупима (кокилама) – слободно ливење

Кокила је метални калуп, који се, за разлику од калупа израђених од песка, користи више пута за израду одливака. У поређењу са ливењем у калупима изграђеним од песка, ливење у кокилама има низ предности:

- Кокиле се користе више пута,
- Знатно се повећава чистоћа површине и тачност димензија одливака,
- Повећавају се механичке особине одливака;
- Побољшавају се услови рада, итд.

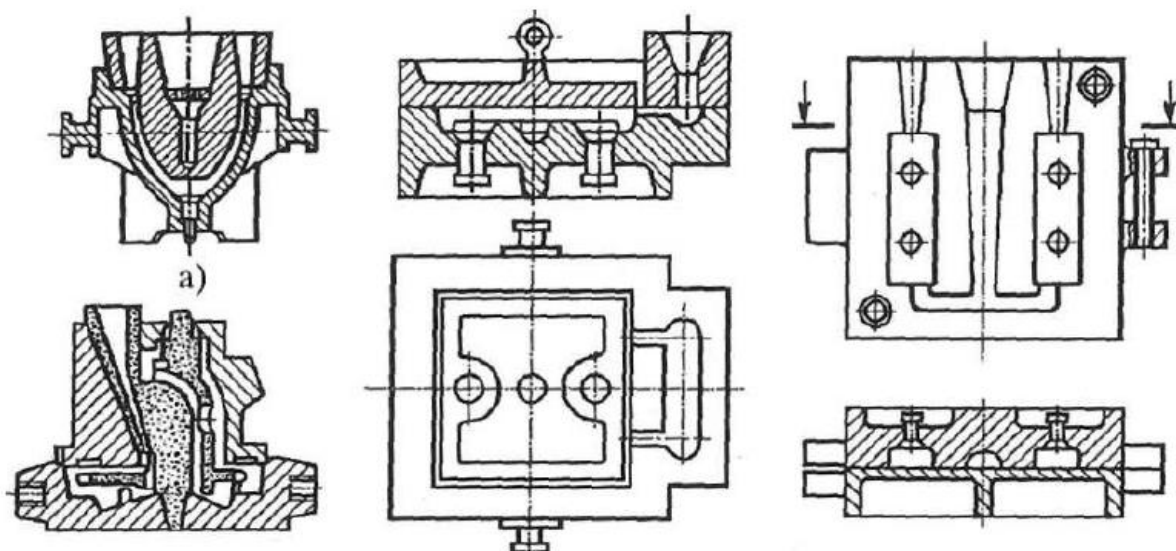
Ово омогућава широку примену ливења алуминијума у кокилама, нарочито при серијској производњи и масовној производњи одливака. При малим серијама и појединачној производњи овај начин израде одливака је ограничен, услед високе цене кокиле. При масовној производњи одливака од алуминијума бољи економски ефекти постижу се ливењем под притиском. Ливење одливака са танким зидовима је отежано услед интензивног одвођења топлоте зидовима кокиле. Ливење у кокиле је најпогодније за израду одливака од легура са нижом температуром топљења и малим линеарним скупљањем [4].

Најважнија карактеристика кокилног ливења је велика брзина хлађења а самим тим и кристализације растопа. Одливци добијеним овим поступком ливења имају ситнозрнасту структуру а такође и добре механичке особине. Брзина хлађења се може регулисати наношењем специјалних премаза на радну површину кокиле. Како би се смањили термички напони у материјалу кокиле, а продужио век трајања, кокиле се предгревају најчешће на температурама од 200-300 °C што зависи од сложености одливка.

Због заштите површина кокиле од дејства растопљеног метала, регулисања брзине хлађења одливака и побољшања степена попуњености калупа, површине кокиле пре уливања растопа заштићује премазом специјалног састава. Премаз се обично састоји од неколико компоненти од којих свака има одређену улогу, а најчешће се као компоненте користе вода, течно стакло, кварц, графит, мазут, ланено и машинско уље.

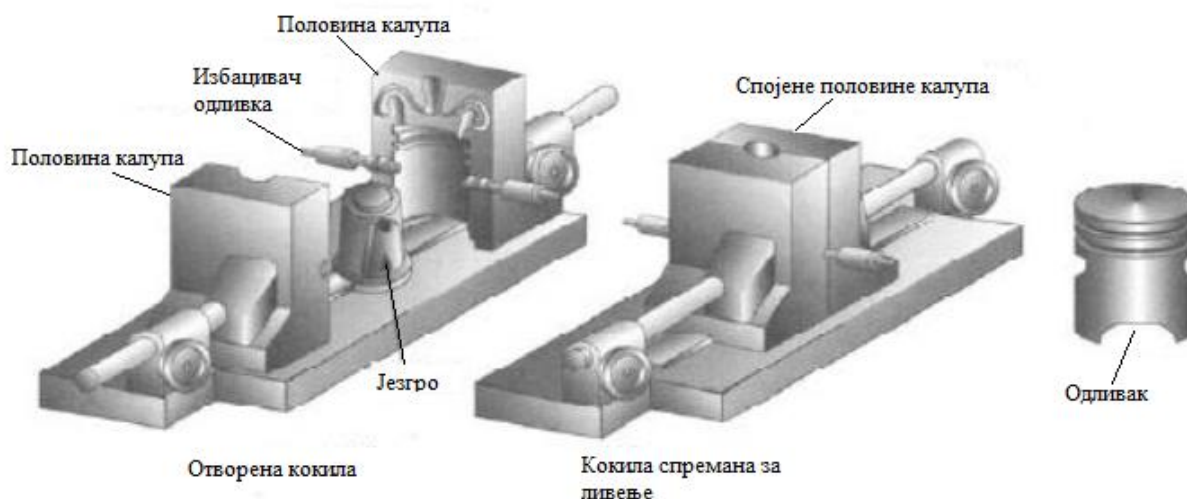
Конструкција кокиле је условљена конструкцијом одливка. Основни елементи кокиле су матрица, језгро уколико одливак има унутрашњу конфигурацију и механизам за подизање. Конфигурација одливка треба да буде таква да је омогућено његово неометано вађење из кокилног калупа. Спољашње површине одливка, које су образоване калупом, и унутрашње, које су образоване металним језгром треба да имају ливачке косине (нагибе) у правцу вађења одливка из калупа, односно језгра из одливка. На слици 10. приказане су кокиле различитих конструкција.

За ливење веома једноставних одливака обично се праве кокиле само из једног дела, док се у свим осталим случајевима израђују из више делова. При конструкцији вишеделних кокила треба имати у виду да су оне потпуно непропустљиве за гасове, па је из тог разлога неопходно такво конструкционо решење кокиле и начин уливања да течни метал може потпуно да испуни калуп и да при томе истисне сав ваздух [9].



Слика 10. Приказ кокила различитих конструкција [9]

Језгра, којима се добија унутрашња конфигурација одливака, се у највећем броју случајева праве од метала. Међутим, када је унутрашња конфигурација одливака веома сложена језгра се праве од песка јер не би било могуће вађење металног језгра [9]. Поступак ливења клипова за СУС моторе у металним калупима приказан је на слици 11.



Слика 11. Кокила за ливење клипова СУС мотора [12]

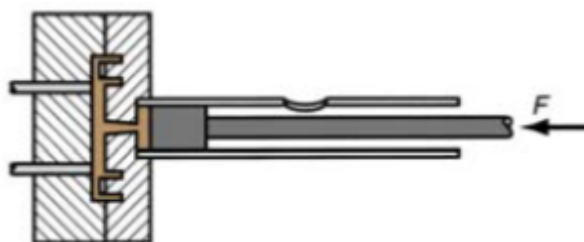
3.3 Ливење под притиском

Ливење под притиском је процес добијања одливака у металним калупима, при коме се уливање метала у калуп и формирање одливака одвија под притиском. Одливак се образује у калупу (комори) за пресовање који је израђен од висококвалитетног челика са малом храпавошћу и великој тачности радних површина. Унутрашња конфигурација одливака се добија помоћу металних језгара, која се из одливака најчешће извлаче у моменту отварања калупа и вађења одливка из њега.

Ливењем под притиском је могуће добити одливке у уређајима за ливење под притиском са:

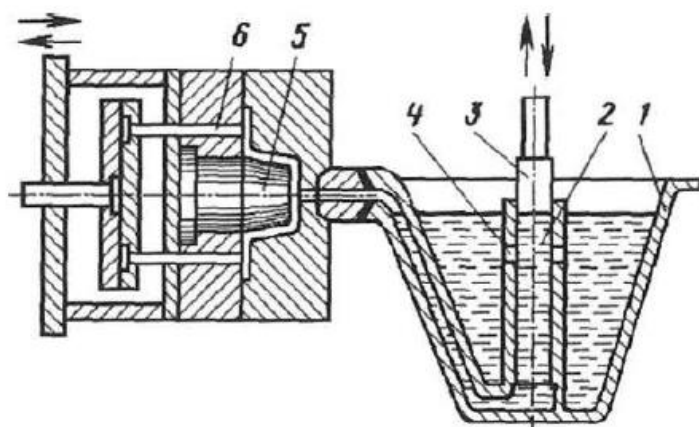
- Хладном комором;
- Топлом комором.

Код уређаја са хладном комором за пресовање, комора за пресовање може да буде постављена хоризонтално, или вертикално. Клип под притиском од 40-100 МПа потискује метал у шупљину калупа који се састоји из два дела од којих је један покретан а други непокретан. Пре заливања калуп се загрева до 120-320 °С. После кристализације и вађења одливка, радна површина калупа се издувава ваздухом и премазује специјалним премазима да би се спречило приваривање метала за површине калупа. Ваздух и гасови се одстрањују кроз канале [9]. Уређај са хладном хоризонталном компресионом комором приказан је на слици 12.



Слика 12. Ливење под притиском са хоризонталном хладном компресионом комором

Код уређаја са топлим компресионом комором, сама компресиона комора је смештена у тиглу, са растопљеним металом, који се загрева. Када се клип (3) налази у горњем положају, растопљен метал кроз отвор (4) улази у компресиону комору. Кретањем клипа надолу, течни метал под притиском од 10-30 МПа попуњава калуп (5). После очвршћавања, клип се враћа у првобитан горњи положај, остатак растопи се слива у комору, а одливак се вади (6). Уређај са топлим компресионом комором приказан је на слици 13.



Слика 13. Ливење под притиском са топлим компресионом комором [9]

Маса одливака, који се добијају ливењем под притиском, се креће од неколико грама до 25 kg. При ливењу под притиском, температура течног метала треба да је за 10-20 °С виша од ликвидус температуре. Минимална дебљина зида одливка, која може да се добије овим поступком, са високим квалитетом површина, је 0,8 mm. Због сложености

самог поступка ливења и у циљу продужетка радног века калупа за пресовање, најекономичније је овим поступком лити легуре са ниском температуром топљења, које топлотно не утичу на зидове калупа и кривљење његових радних површина. Овај поступак ливења је економски исплатив само у масовној производњи, када се једним калупом за пресовање могу добити на десетине хиљада сложених одливака са високом тачношћу димензија и малој храпавости површина без накнадне механичке обраде.

Поступак ливења под притиском има низ карактеристичних особености. Процес може да се прикаже у три етапе.

У првој етапи растопљен метал великом брзином до 50 m/s за кратко време 0,01-0,6 s попуњава шупљину калупа за пресовање. Растоп се интензивно меша са ваздухом и парама премаза који се налазе у калупу. У таквим условима само део ваздуха, пара и гасова може да се удаљи из калупа, а остатак се меша са растопом образујући смешу метал - ваздух.

У другој етапи ливења, у моменту завршетка попуњавања калупа за пресовање, јавља се кратковремени и снажан хидростатички удар, који показује и негативан и позитиван утицај на формирање одливака. Позитивно дејство хидроудара састоји се у томе да метал долази у контакт са површином калупа и оштро оцртава његову конфигурацију. На тај начин се добија тачна и глатка површина одливака, с тим што површински слој (0,2 mm) има велику густину и ситнозрнасту структуру.

Трећа етапа ливења завршава се кристализацијом одливака великом брзином, што као последицу може да има и појаву грешака скупљања, пре свега пора. Недостатак ливења под притиском је висока цена уређаја за ливење и самог калупа, ограниченост у димензијама и маси одливка и присуство ваздушних пора код масивних делова одливка [9].

3.4 Центрифугално ливење

Центрифугално ливење је поступак којим се лију ротациона тела коришћењем принципа центрифугалне силе. Центрифугална сила настаје обртањем кокиле, и тада долази до расподеле растопљеног метала по зидовима уливне шупљине. То омогућава израду шупљих ротационих тела. За стварање центрифугалне силе користе се калупи који се окрећу или око своје хоризонталне или око вертикалне осе. Машине код којих се кокиле обрћу око вертикалне осе служе за добијање мањих одливака код којих је висина мања од пречника. Код машина код којих се калуп окреће дуж своје хоризонталне осе, добија се одливак веће висине са релативно малим пречником [13]. Поступак хоризонталног центрифугалног ливења приказан је на слици 14.

Центрифугално ливење има одређене предности као што су:

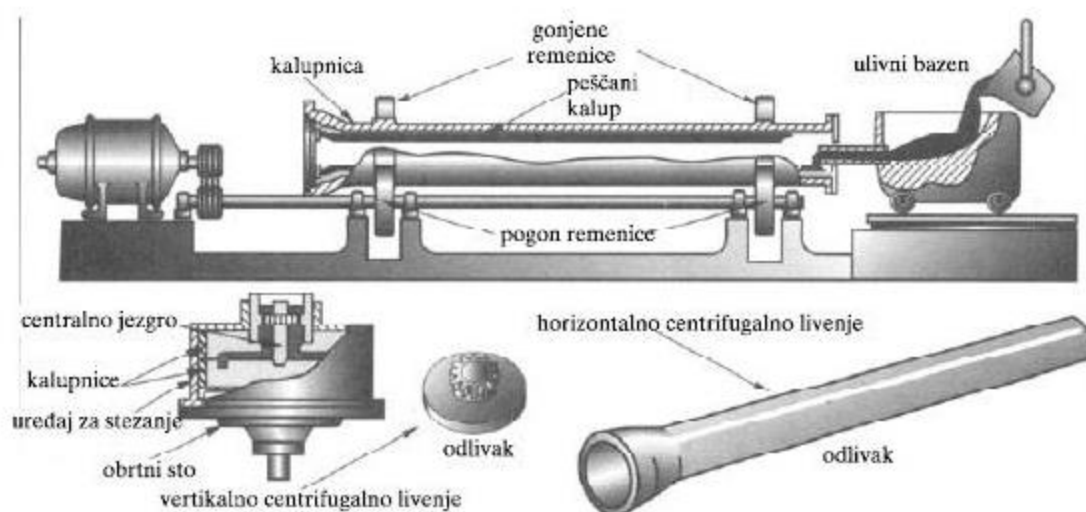
- Нема потребе за језгрима приликом израде шупљине у одливку,
- Утрошак материјала је смањен на минимум,
- Добра структура одливака,
- Додаци за механичку дораду су минимални;
- Цена одливака је нижа у односу на друге поступке ливења.

Најбитније карактеристике процеса центрифугалног ливења:

- Продуктивност се креће и до 50 комада по сату,
- Припрема процеса траје неколико недеља;
- Искоришћеност материјала је висока јер нема уливног канала.

Конструктивне карактеристике добијеног предмета:

- Сложеност облика је ограничена,
- Додаци за обраду се крећу у границама 1.5-6 mm,
- Величина одливака се креће у границама Ø0.25m- Ø1.8m,
- Квалитет површине је добар;
- Храпавост се креће у границама 1,6-12,5 $\mu\text{m Ra}$ [13].

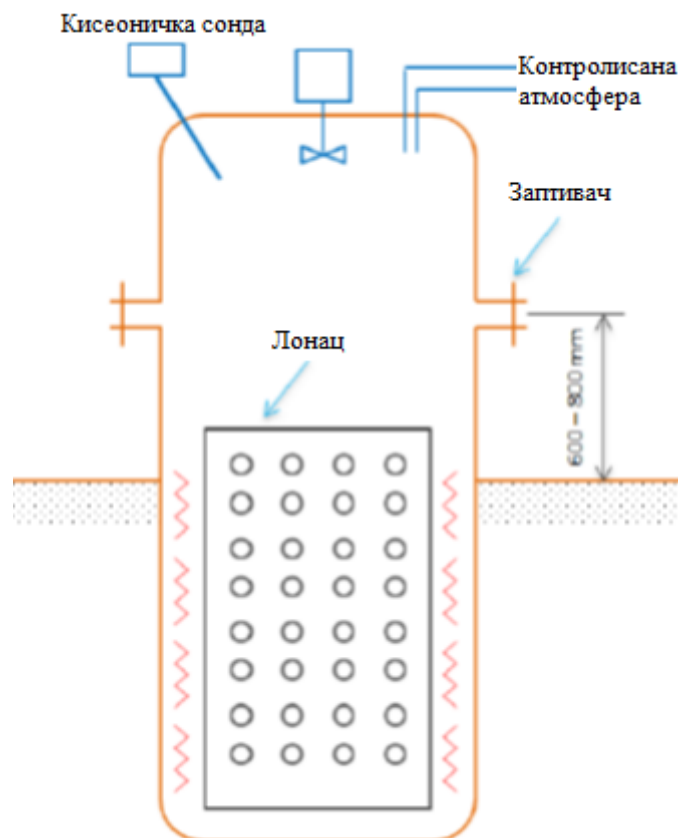


Слика 14. Хоризонтално центрифугално ливење [13]

3.5 Јамске пећи

Јамске пећи користе се за термичку обраду дугачких и витких комада код којих при хоризонталном постављању долази до кривљења услед сопствене тежине. Овакви делови обавезно се постављају вертикално.

Код јамских пећи лонац није обавезан, а користи се да би се заштитили грејачи при уношењу радних предмета. Лонац има отворе како би се омогућила добра циркулација гасова око радних предмета. Грејачи се праве по зонама, а свака зона има засебну контролу. Значајну улогу код јамских пећи врши поклопац пећи. Поред заптивања, улога поклопца је да понесе већи број уређаја због чега је његова цена висока. На њему се налази уређај за контролу атмосфере (кисеоничка сонда), вентилатор за циркулацију атмосфере и улаз за контролисану атмосферу. Због сложености, тј. високе цене поклопци се праве тако да могу да одговарају већем броју пећи [10]. Шематски приказ гасне пећи приказан је на слици 15.



Слика 15. Шематски приказ јамске пећи

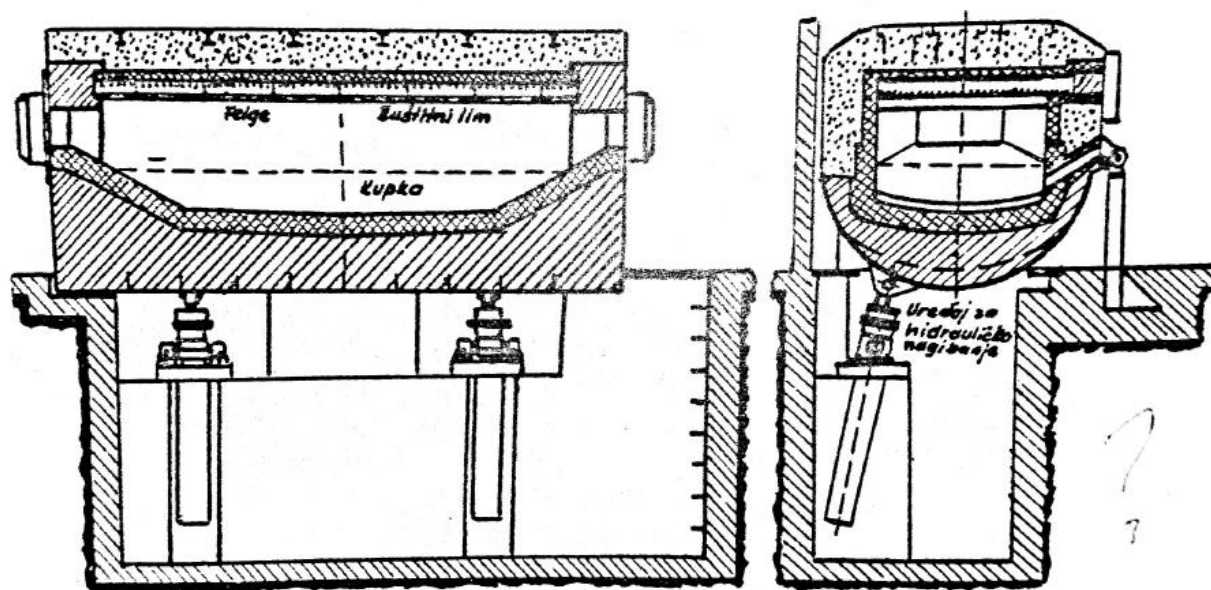
3.6 Електро-пећи

Електричне пећи се данас најчешће користе у индустријским ливницама. Разликују се две врсте електричних пећи:

- Електроотпорне;
- Индукционе.

Из ливачких пећи мора бити омогућено мирно и једнолично истицање материјала. С обзиром на захтевању тачности регулације температуре и чистоћу најбоље су се показале електроотпорне електричне огњишне пећи. Код ових врста пећи мора бити омогућено скидање оксидне коре са површине купке као и чишћење дна пећи после пражњења. Пренос топлоте код електроотпорних електричних огњишних пећи врши се исијавањем ужарених отпорника на растопљени материјал. Ови типови пећи се данас најчешће израђују до 30 t. Отпорници су израђени у облику спирала или трака. Добре карактеристике електроотпорних пећи уз добар коефицијент искоришћења и уз могућност регулације температуре чине ове пећи идеалне за ливење. Због простора између ужарених отпорника и заштитних лимова, потребно је температуре грејачких тела држати вишим за 100-200 °C. Ове пећи су обично великих површина. По квадратном метру површине пећи се може уградити око 35 kW грејачких тела. Ове пећи се нису показале добро у рафинацији са солима, јер се грејачи врло брзо униште услед деловања соли. Приликом ливења дубина купке се повећава изнад једног метра. Спољашње димензије пећи од 30 t су 8.5 • 3.5 m са 400 kW снаге. Купка се формира од цигли од

магнезијума или од шамотне цигле. Цигле од магнезијума су неутралне према алуминијуму, али је знатно скупља од шамотне цигле, тежа и врло осетљива на промене температуре. Приказ електроотпорне пећи приказан је на слици 16.

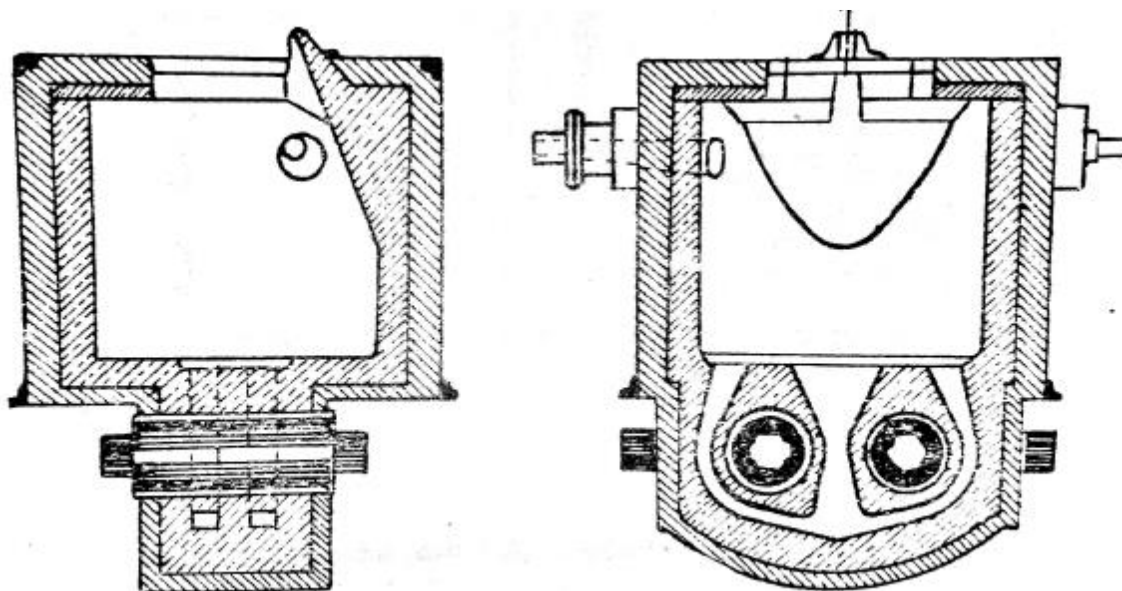


Слика 16. Изглед електроотпорне пећи [3]

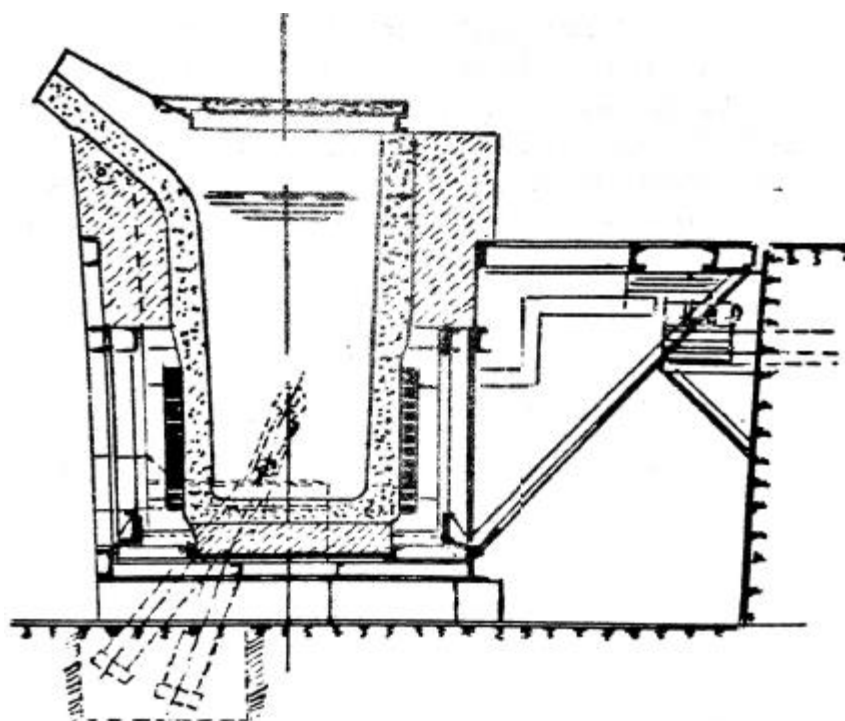
Индукциона електрична пећ топлоту остварује електричним самоиндукцијом и на тај начин топи метал. Индукциона пећ може бити базична или кисела, ова разлика нема толико значење као код других типова пећи. Индукциона пећ је један електрични трансформатор, чији је примарни намотај пркључен на извор наизменичне струје одређеног напона и фреквенције, а секундарни намотај је кратко везан и представља га сам алуминијум који се топи. Струја је индукована или у одређеним каналима или у самом металном лонцу. Постоје две врсте ових пећи:

- Индукционе пећи са магнетним језгром;
- Индукционе пећи без магнетног језгра.

Индукционе пећи са магнетним језгром, чији је пресек приказан на слици 17, имају олакшано преношење електричне енергије у метал који се топи. Индукционе пећи без магнетног језгра, чији је пресек приказан на слици 18, имају веће губитке енергије у примарном намотају, с обзиром на слабији спој. Ове пећи имају купку једноставног лонца у којем се могу постићи врло високе температуре и отпорне су на промену температуре. Пећ се после прекида струје може одмах ставити у погон што није случај код пећи са магнетним језгром, која мора имати за такве случајеве електрични агрегат. Топлота се проводи у самом металу посредством струје. За разлику од високофреквентних пећи, у којима се метал загрева вртложним струјама, код нискофреквентних пећи метал који се топи ствара затворени круг. Осим мирне површине купке отпопљени метал се стално меша и на тај начин загрева. Пордукт је потпуно без оксида и гасова.



Слика 17. Пресек нискофреквентне индукционе пећи са магнетним језгром [3]



Слика 18. Пресек нискофреквентне индукционе пећи без магнетног језгра [3]

Утрошак електричне енергије варира у зависности од типа пећи и креће се у границама 425-525 kW/h. На површинама канала ствара се слој оксидне коре па је посебан проблем њихово чишћење. Маса којом су пећи озидане је врло осетљива па често долази до пуцања пећи, стварања напрслина, што доводи до истицања материјала. Ови типови пећи имају мале брзине топљења, пећ капацитета 3 t може дати максимално 1-1,2 t/h отопљеног материјала, док је код пећи на ложиво уље ова граница већа и креће се у границама 2-2,5 t/h. Цена производње је двоструко већа у односу на пећ на ложиво уље.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ИСПИТИВАЊА

Експериментална испитивања обрадивости одливака од алуминијума добијени слободним ливењем при обради стругањем у лабораторији за обраду метала резањем су извршена на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Формиран је одговарајући мерни ланац са уређајем за мерење топографије површине „Talisurf-6“, који је приказан на слици 21, и камером „Vividia 2.0MP“, која је приказана на слици 19.

Након експерименталног испитивања у различитим условима обраде резањем, према плану експеримента, вршена је обрада добијених резултата мерења и снимљених слика обрађених површина. Анализом добијених резултата, коришћење апликација урађених у програмском језику EXCEL, извршено је креирање графичког приказа дијаграма средњег аритметичког одступања профила од средње линије профила (R_a) и средње максималне висине неравнина (R_{tm}) и услова обраде и извршено је упоређивање добијених резултата R_a и R_{tm} свих узорак за сваку брзину резања појединачно.

Испитивања су вршена при обради стругањем предмета обраде који су обележени као Узорак 1 ($d=49\text{mm}$), Узорак 2 ($d=39\text{mm}$) и Узорак 3 ($d=29\text{mm}$). Узорци су изливени поступком слободног ливења у предузећу С Алуминијум у Пожаревцу. За изливене узорке се не може одредити полазна сировина из разлога што су узорци добијени у различитим временским интервалима и изливени су углавном од одпадног алуминијума.

Хемијски састав предмета обраде обележен као Узорак 1:

- Al 97.26%,
- Mn 0.164%,
- Fe 0.603%,
- Ni 0.031%,
- Cu 1.01%,
- Zn 0.824%,
- Zr 0.010%;
- Sn 0.020%.

Хемијски састав предмета обраде обележен као Узорак 2:

- Al 96.99%,
- Ti 0.132%,
- Cr 0.038%,
- Mn 0.188%,
- Fe 0.631%,
- Ni 0.040%,
- Cu 1.06%,
- Zn 0.812%,
- Zr 0.010%,
- Sn 0.020%,
- Pb 0.063%;
- Bi 0.004%.

Хемијски састав предмета обраде обележен као Узорак 3:

- Al 97.26%,
- Fe 0.764%,
- Cu 5.34%,
- Zn 0.92%,
- Pb 0.463%,
- Bi 0.468%,

Слике обрађених површина снимљене су камером „Vividia 2.0MP“ која се повезује са рачунаром и на тај начин се врши снимање фотографија. Ова камера се може користити и као микроскоп и као ендоскоп. Техничке спецификације камере приказане су у Табели 2.

Табела 2. *Техничке спецификације камере*

Камера	2.0M pixels
Резолуција слике	1600X1200 pixels
Формат слике	BMP
Видео резолуција	1600X1200 pixels
Видео формат	AVI
Број слика по секунди	20 FPS
Осветљење	8 белих LED лампица
Начин повезивања са рачунаром	USB
Пречник цеви камере	12 mm
Дужина цеви камере	140mm



Слика 19. *Приказ „Vividia 2.0MP“ камере [14]*

Хемијски састав узорака одређен је на уређају „Thermo Scientific Niton XL3t gold“ у предузећу Шумадија сировине у Крагујевцу, који је приказан на слици 20. Принцип рада овог уређаја заснован је на икс-реј флуоросцентним зрацима, где уређај преко боје зрака које емитују елементи одређује врсту и количину тих елемената у предмету или материјалу који испитујемо. Овај уређај погодан је за одређивање хемијског састава земљишта, свих врста метала и многих других како природних тако и вештачких материјала.



Слика 20. Приказ уређаја „Thermo Scientific Niton XL3t gold“

„Talysurf-6“ је компјутеризовани мерни систем за мерење и анализу храповости техничких површина, који омогућује мерење широког спектра параметара који описују карактеристике техничких површина:

- Мерење основних и допунских параметара храповости и валовитости,
- Статистичку обраду резултата мерења параметара храповости,
- Приказивање резултата мерења параметара храповости,
- Приказивање резултата на екрану, њихово меморисање, штампање и цртање;
- Просторно скенирање површине.



Слика 21. Изглед уређаја „Talysurf-6“ [15]

Обрада стругањем извршена је на универзалном стругу D-480, Првомајска, који је приказан на слици 22, снаге 10 kW, без присуства средства за хлађење и подмазивање.



Слика 22. Изглед универзалног струга D480 Првомајска

Стругарски нож – Т

- PTG NR 2525M16 CORUN УЖИЦЕ

Плочица:

- TNMM 160404-CM ознака плочице
- 4C15 ознака квалитета превлаке
- P15 ознака квалитета тврдог метала
- CORUN УЖИЦЕ

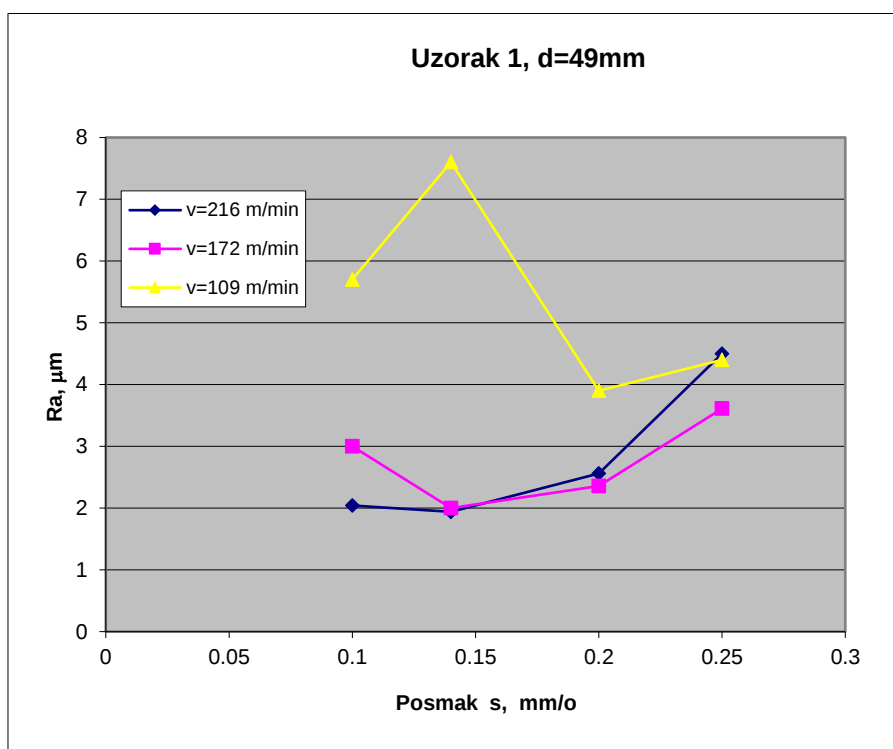
Резултати добијени експерименталним испитивањем предмета обраде приказани су у табелама 3,4 и 5, а на основу табеле графички су приказани дијаграми Ra и R_{tm} и услови обраде. Површине предмета обраде подељене су на 12 једнаких делова и измерене топографије су приказане у прилогу. Изглед узорака пре и након експерименталног испитивања приказани су на слици 23.



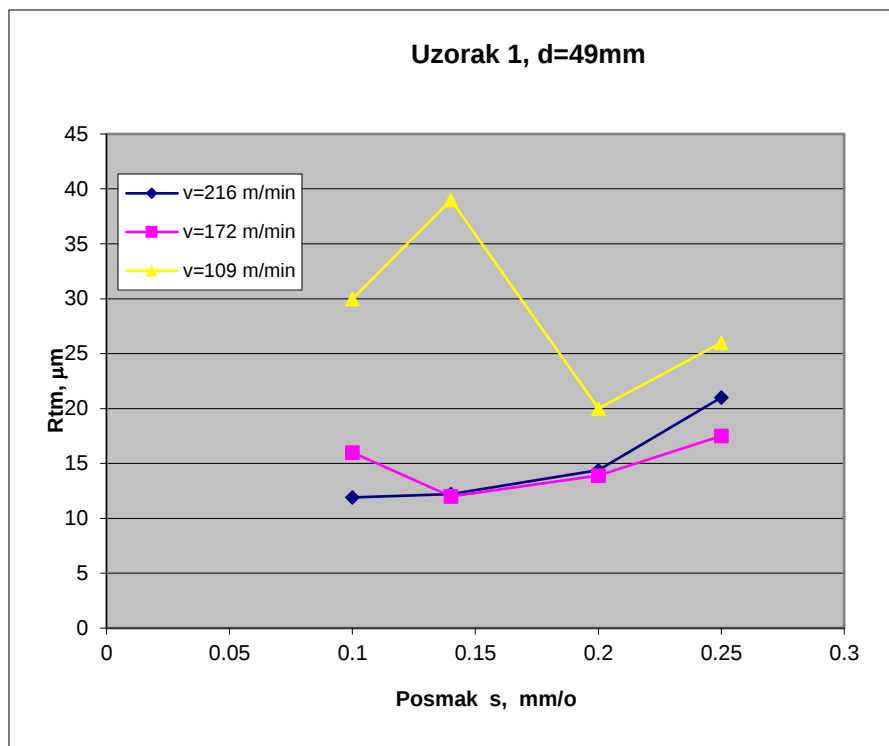
Слика 23. Изглед узорака пре и након обраде

Табела 3. Резултати експерименталних испитивања за Узорак 1

Узорак 1, d=49mm						
n, o/m	v1, m/mm	a, mm	s, mm/o	v, m/min	Ra, μm	Rtm, μm
1400	215.5133	0.5	0.1	216	2.04	11.9
1400	215.5133	0.5	0.14	216	1.94	12.2
1400	215.5133	0.5	0.2	216	2.56	11.4
1400	215.5133	0.5	0.25	216	4.5	21
1120	172.4106	0.5	0.1	172	3	16
1120	172.4106	0.5	0.14	172	2	12
1120	172.4106	0.5	0.2	172	2.36	13.9
1120	172.4106	0.5	0.25	172	3.61	17.5
710	109.296	0.5	0.1	109	5.7	30
710	109.296	0.5	0.14	109	7.6	39
710	109.296	0.5	0.2	109	3.9	20
710	109.296	0.5	0.25	109	4.4	26



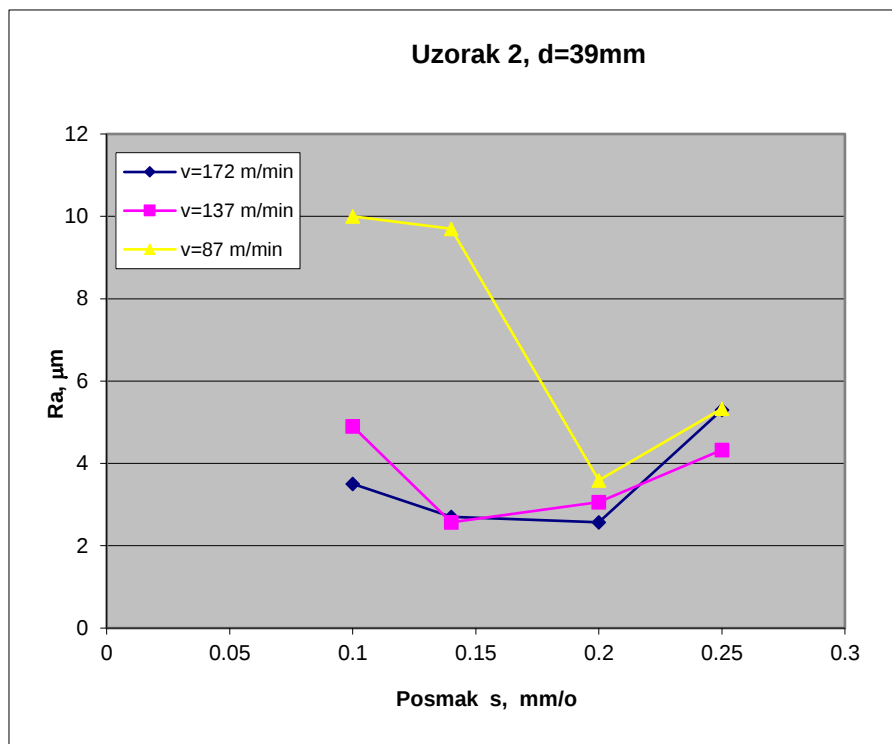
Гrafички приказ дијаграма Ra и услова обраде Узорак 1



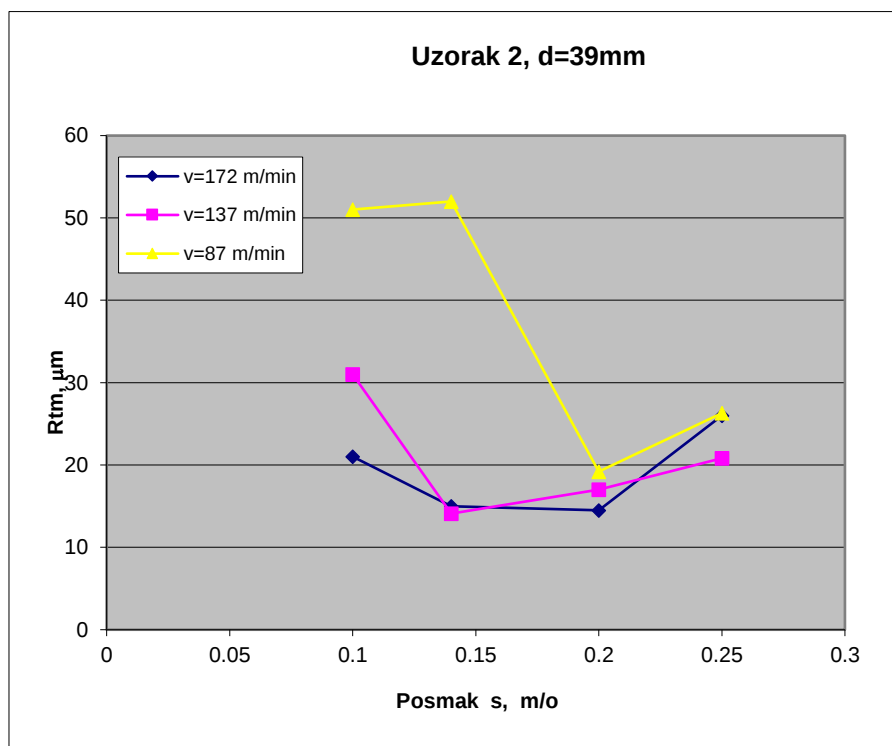
Графички приказ дијаграма Rtm и услова обраде Узорак 1

Табела 4. Резултати експерименталних испитивања за Узорак 2

Узорак 2, d=39mm						
n, o/m	v1, m/mm	a, mm	s, mm/o	v, m/min	Ra, μm	Rtm, μm
1400	171.531	0.5	0.1	172	3.5	21
1400	171.531	0.5	0.14	172	2.7	15
1400	171.531	0.5	0.2	172	2.57	14.5
1400	171.531	0.5	0.25	172	5.3	26
1120	137.2248	0.5	0.1	137	4.9	31
1120	137.2248	0.5	0.14	137	2.57	14.1
1120	137.2248	0.5	0.2	137	3.06	17
1120	137.2248	0.5	0.25	137	4.33	20.8
710	86.9907	0.5	0.1	87	10	51
710	86.9907	0.5	0.14	87	9.7	52
710	86.9907	0.5	0.2	87	3.59	19.2
710	86.9907	0.5	0.25	87	5.33	26.3



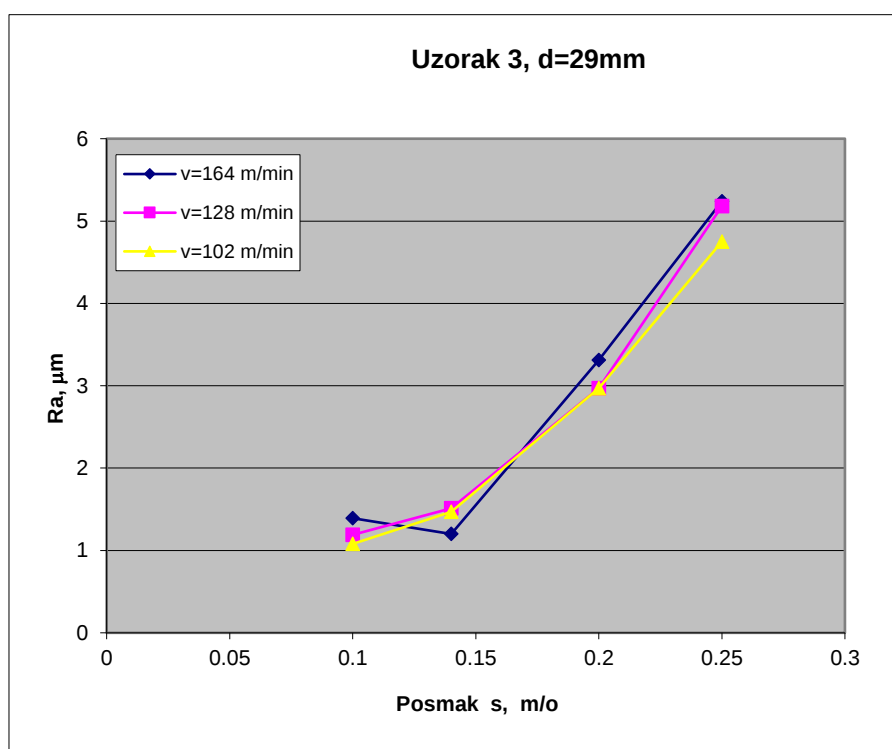
Графички приказ дијаграма Ra и услова обраде за Узорак 2



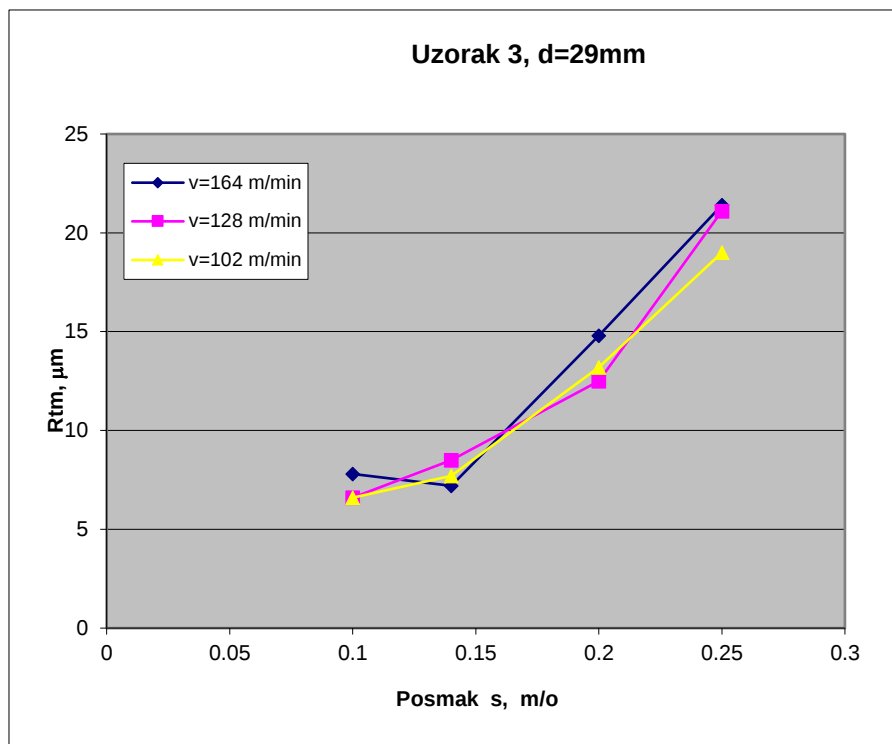
Графички приказ дијаграма Rtm и услова обраде за Узорак 2

Табела 5. Резултати експерименталних испитивања за Узорак 3

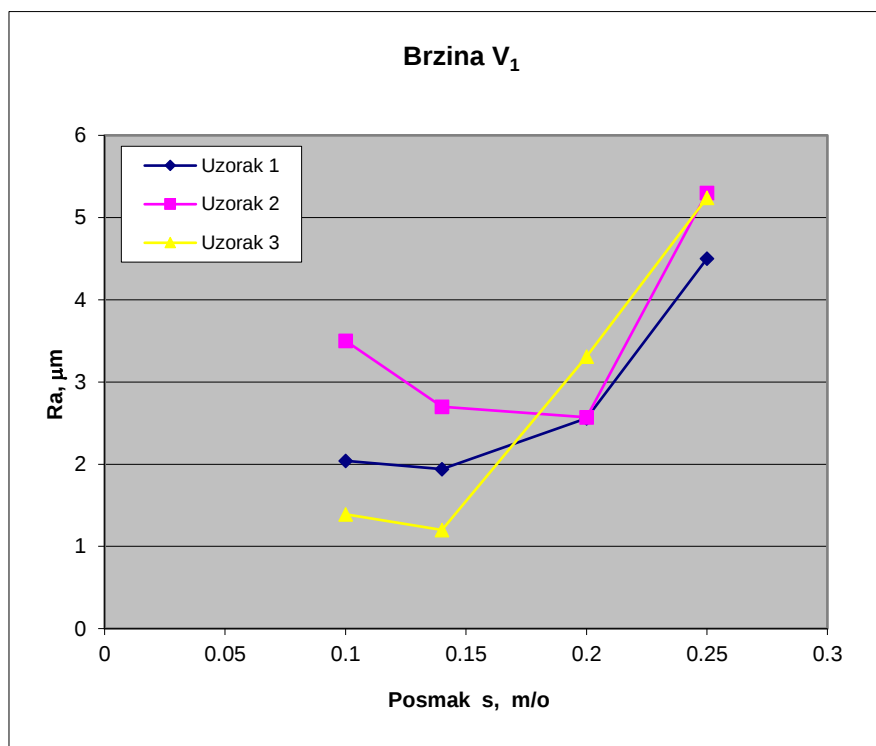
Узорак 3, d=29mm						
n, o/m	v1, m/mm	a, mm	s, mm/o	v, m/min	Ra, μm	Rtm, μm
1800	163.991	0.5	0.1	164	1.39	7.8
1800	163.991	0.5	0.14	164	1.2	7.2
1800	163.991	0.5	0.2	164	3.31	14.8
1800	163.991	0.5	0.25	164	5.24	21.4
1400	217.549	0.5	0.1	128	1.19	6.6
1400	217.549	0.5	5	128	1.51	8.5
1400	217.549	0.5	0.2	128	2.97	12.5
1400	217.549	0.5	0.25	128	5.18	21.1
1120	102.039	0.5	0.1	102	1.08	6.6
1120	102.039	0.5	0.14	102	1.47	7.7
1120	102.039	0.5	0.2	102	2.97	13.3
1120	102.039	0.5	0.25	102	4.75	19



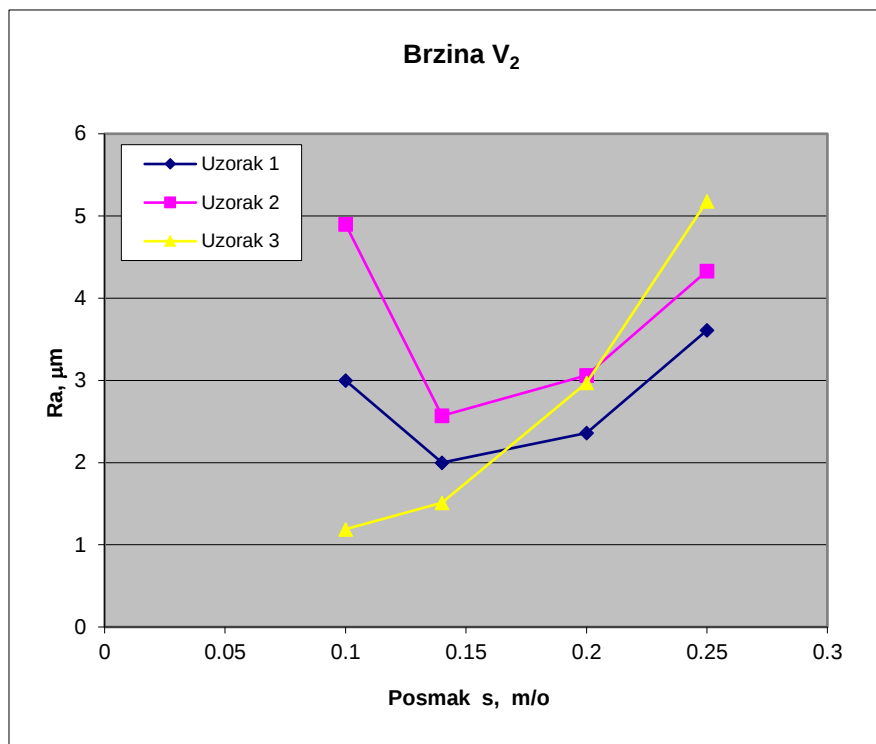
Графички приказ дијаграма Ra и услова обраде за Узорак 3



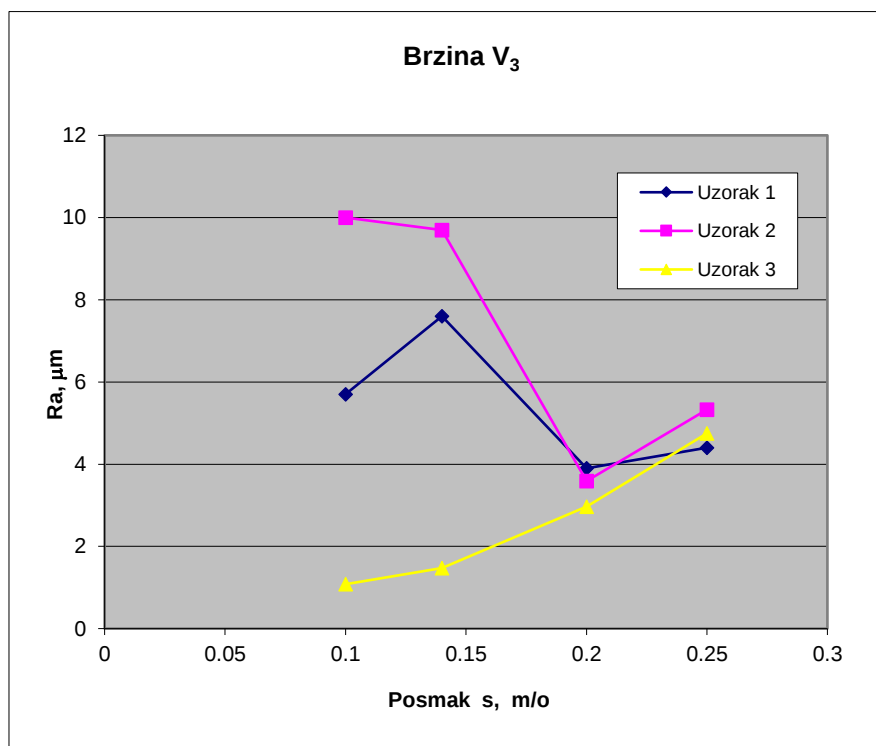
Графички приказ дијаграма R_{tm} и услова обраде за Узорак 3



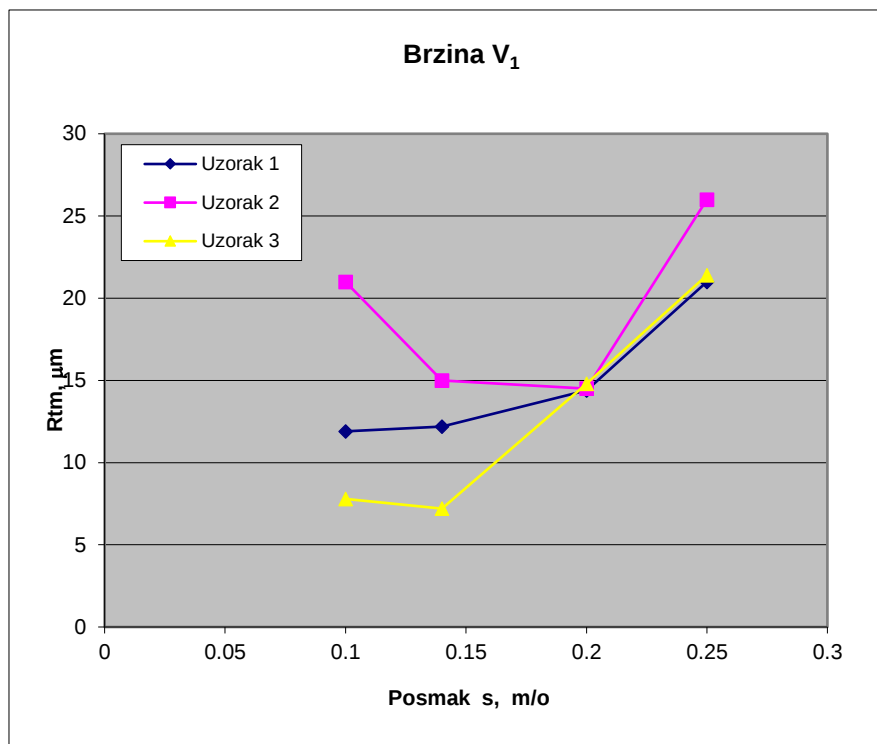
Упоредивање добијених резултата R_a свих узорака за брзину V_1



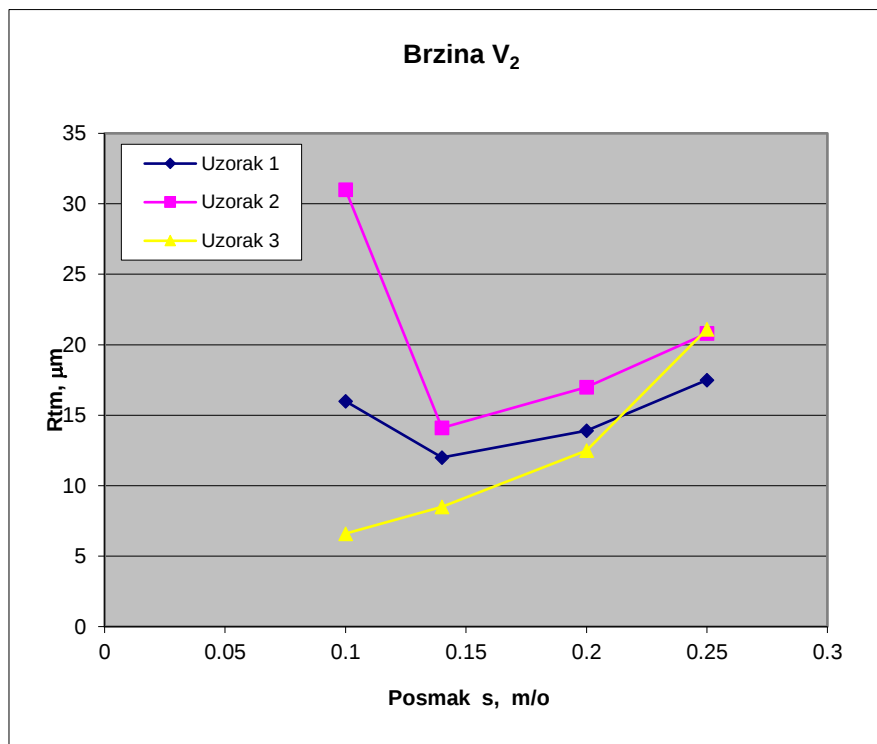
Упоређивање добијених резултата Ra свих узорака за брзину V_2



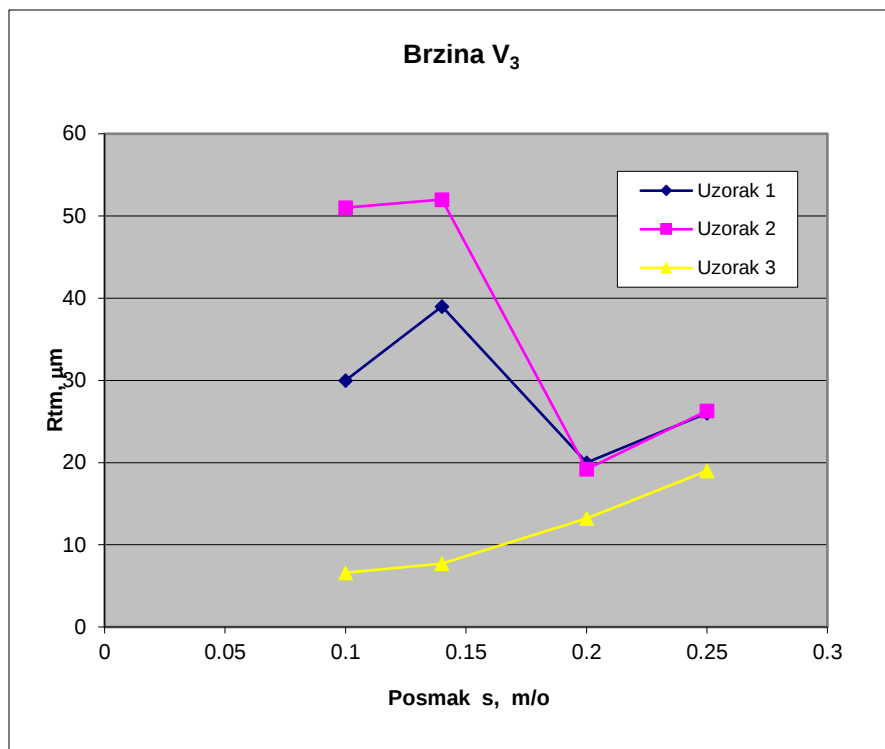
Упоређивање добијених резултата Ra свих узорака за брзину V_3



Упоређивање добијених резултата R_{tm} свих узорака за брзину V_1



Упоређивање добијених резултата R_{tm} свих узорака за брзину V_2



Упоређивање добијених резултата R_{tm} свих узорака за брзину V_3

5. ЗАКЉУЧАК

Алуминијум и његове легуре спадају у групу обојених метала, а примена обојених метала је по правилу везана за специјалне услове експлоатације. Обојени метали се употребљавају у ситуацијама када је потребно обезбедити добру електричну и топлотну проводљивост, немагнетичност, пластичност, отпорност на коротију и многе друге карактеристике материјала које су погодне за примену материјала у посебним условима.

Алуминиум и његове легуре спадају у групу обојених метала који испуњавају ове услове па због својих карактеристика имају широку примену. То су материјали који су начинили револуцију у металургији али и у многим другим гранама индустрије. Алуминијум је снажан и издржљив, није тежак, лак је за обликовање и није претерано скуп. Легуре алуминијума нашле су многе примене и користе се за широке групе производа у разним гранама индустрије као што су аутомобилска индустрија, израда вагона, продова, ракета, израда лаких металних конструкција и у прехраненој индустрији.

Ливење је поступак у коме су алуминијум и његове легуре нашле широку примену и представља поступак обраде који се данас користи у многим производним погонима за добијање одливака једноставног или сложеног облика. Ливење је обрада која се одвија без киданја струготине. Алуминијум и његове легуре лију се у песку, металним калупима (кокилама), под притиском и центрифугално а могу да се топе у јамским пећима, електричним (електроотпорним и индукционим) и огњишним пећима загреваним ложивим уљем, плином и угљеним прахом.

Из експерименталног испитивања се може закључити да Узорак 1 има највећу храпавост. Због велике храпавости радна својства материјала се смањују, смањује се динамичка чврстоћа, отпорност на корозију, способност налегања је мања, топлотна проводљивост, повећавају се трошкови обраде што директно утиче и на саму цену производа који се израђују од ове врсте материјала. Приликом обраде овог материјала у појединим ситуацијама може доћи од киданја материјала, алати се брже хабају и повећава се трење између алата и предмета обраде.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Недић, Б., Ђукић, В.: Алуминиум и његове легуре“, Књига о рукопису, Крагујевац, 2010
- [2] Адамовић, Д., Лазић, В., Јовановић, М., Ратковић, Н. : „Машински материјали“, Машински факултет у Крагујевцу, 2003.
- [3] Трипало, А. : „Технологија прераде алуминија“, Техничка књига, 1966
- [4] Ковач, Р. : „Технологија израде одливака“, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2002
- [5] Недић, Б., Лазић, М. : „Обрада метала резањем“, Машински факултет, Крагујевац, 2007
- [6] <https://www.scribd.com/document/345606276/08-ALUMINIJUM-pdf>,
приступљено 29. 8. 2017
- [7] <https://www.scribd.com/doc/174903623/171147051-Livenje-tehnologija-obrade>,
приступљено 29. 8. 2017
- [8] <https://sr.wikipedia.org/sr-el/Livenje>,
приступљено 3. 9. 2017
- [9] <https://www.scribd.com/doc/56916711/LIVENJE-2010>,
Приступљено 3. 9. 2017
- [10] http://www.dpm.ftn.uns.ac.rs/dokumenti/laboratorija_TO/TOSA/Tipovi%20peci%20-%20p.pdf,
приступљено 3. 9. 2017
- [11] <https://4.imimg.com/data4/IE/DV/MY-12619721/bauxite-250x250.jpg>,
приступљено 12. 9. 2017
- [12] <http://www.mechanicatech.com/Casting/resources/gravitydiecasting1.jpg>,
приступљено 12. 9. 2017
- [13] <https://www.scribd.com/document/136096272/Livenje>,
приступљено 26. 9. 2017
- [14] www.oasisscientific.com/uploads/3/0/7/1/3071815/users_manual_of_endoscope_ehev1-usbplus.pdf,
приступљено 26. 9. 2017
- [15] http://www.mfkg.rs/sajt/Downloads/tehnicka_resenja/TR-81-2014.PDF,
приступљено 26. 9. 2017

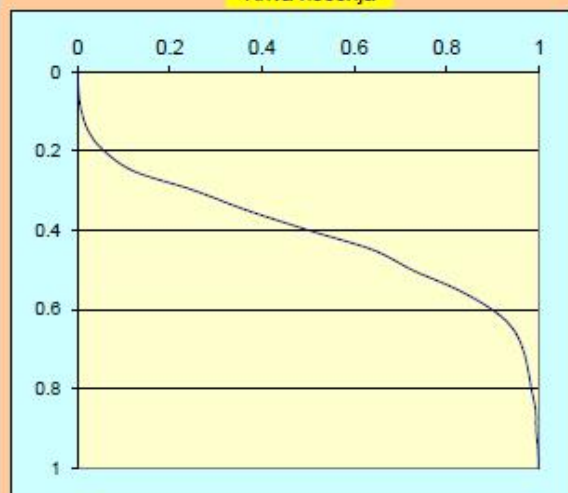
7. ПРИЛОГ

Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

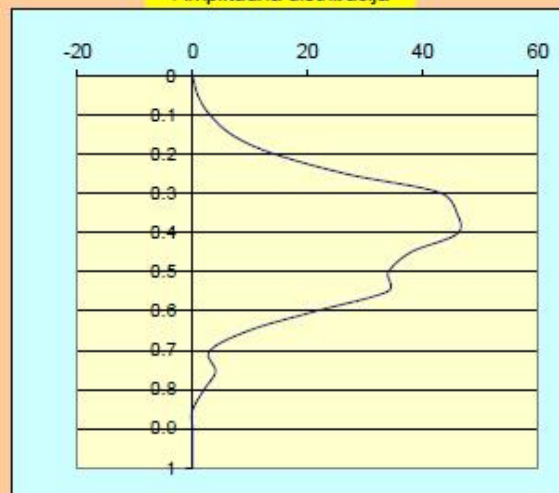
Rt1 =	11.8 μm	Ry =	15.7 μm	Sm =	83 μm
Rt2 =	12.7 μm	Rtm =	11.9 μm	S =	24 μm
Rt3 =	8.8 μm	Rv =	10.2 μm	DELQ =	12.4 deg
Rt4 =	10.6 μm	Rp =	6.9 μm	Rsk =	-0.5
Rt5 =	15.7 μm	R3z =	9.1 μm	Rku =	3.5
Ra =	2.04 μm	Rpm =	5.3 μm		
Rq =	2.56 μm	R3y =	10.4 μm		



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedic

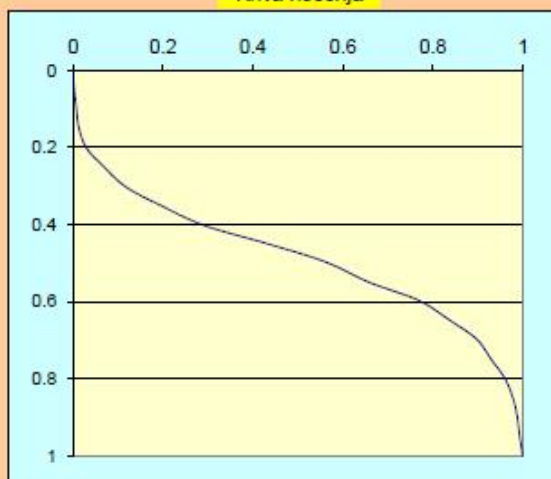


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

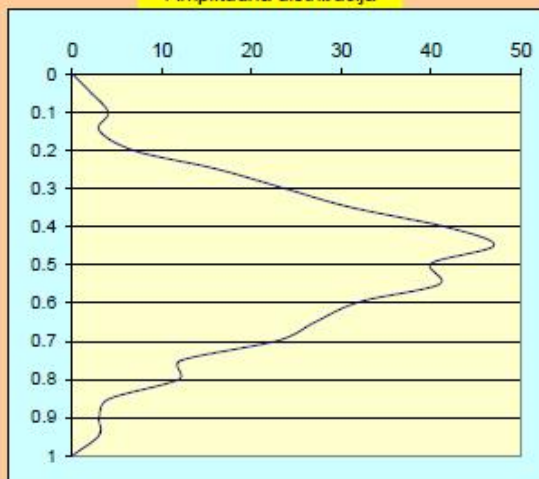
Rt1 = 12.7 µm	Ry = 13.7 µm	Sm = 96 µm
Rt2 = 12.8 µm	Rtm = 12.2 µm	S = 25 µm
Rt3 = 12.2 µm	Rv = 7.8 µm	DELQ = 11.3 deg
Rt4 = 9.6 µm	Rp = 7.1 µm	Rsk = -0.2
Rt5 = 13.7 µm	R3z = 8.7 µm	Rku = 3.1
Ra = 1.94 µm	Rpm = 5.8 µm	
Rq = 2.45 µm	R3y = 11 µm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

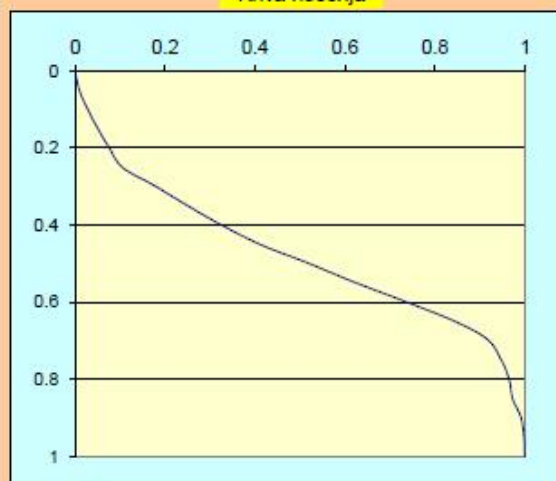


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

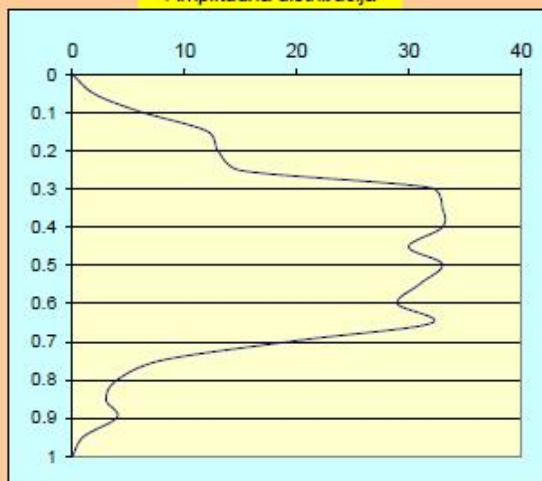
Rt1 = 15.2 μm	Ry = 16 μm	Sm = 123 μm
Rt2 = 13.6 μm	Rtm = 14.4 μm	S = 28 μm
Rt3 = 15.8 μm	Rv = 9.3 μm	DELQ = 12.5 deg
Rt4 = 16 μm	Rp = 8.2 μm	Rsk = 0.2
Rt5 = 11.3 μm	R3z = 11.6 μm	Rku = 2.8
Ra = 2.56 μm	Rpm = 7.4 μm	
Rq = 3.17 μm	R3y = 14.4 μm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

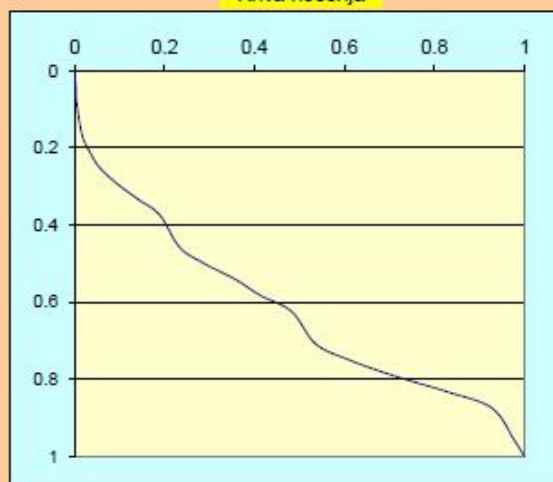


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

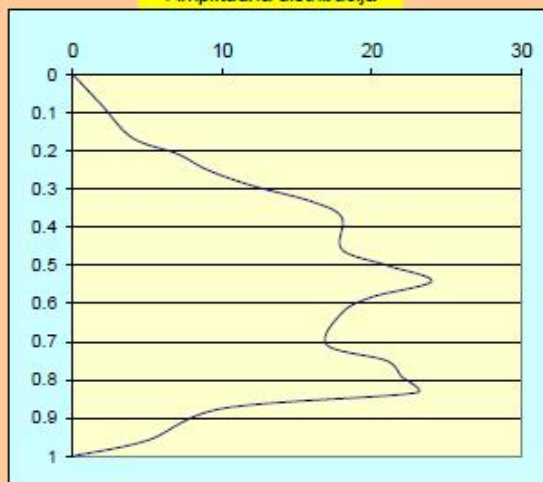
Rt1 =	21 µm	Ry =	22 µm	Sm =	188 µm
Rt2 =	20 µm	Rtm =	21 µm	S =	29 µm
Rt3 =	20 µm	Rv =	9 µm	DELQ =	12.8 deg
Rt4 =	22 µm	Rp =	15 µm	Rsk =	0.5
Rt5 =	20 µm	R3z =	17 µm	Rku =	2.2
Ra =	4.5 µm	Rpm =	12 µm		
Rq =	5.2 µm	R3y =	20 µm		



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



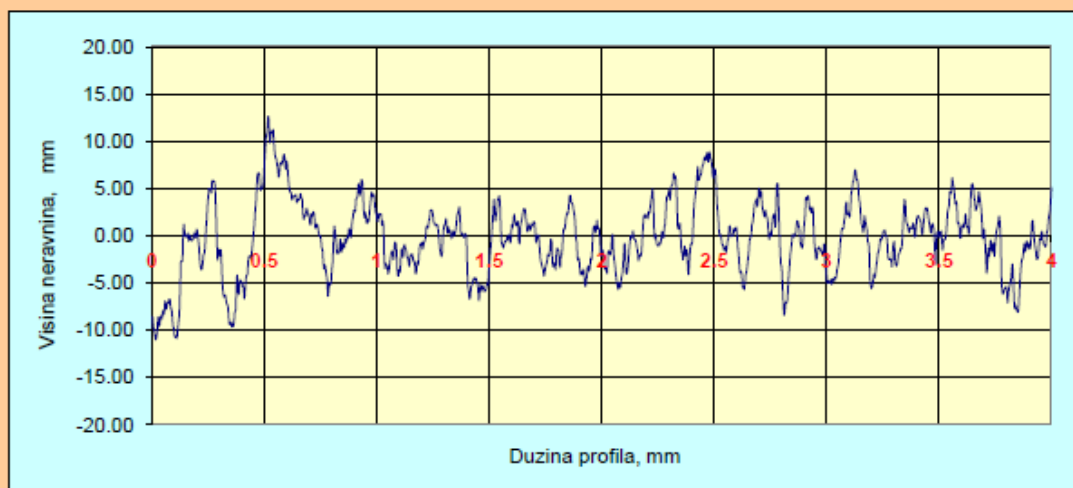
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

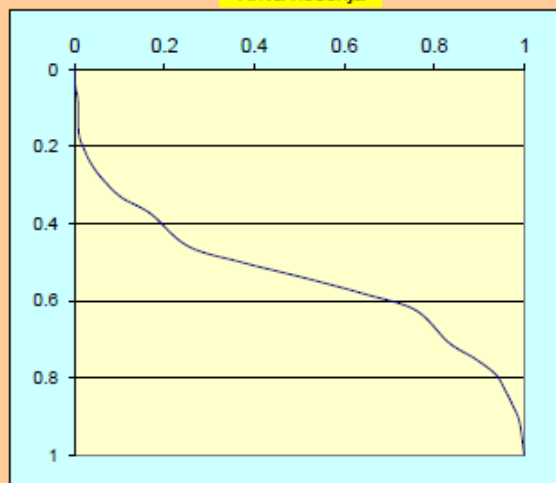


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

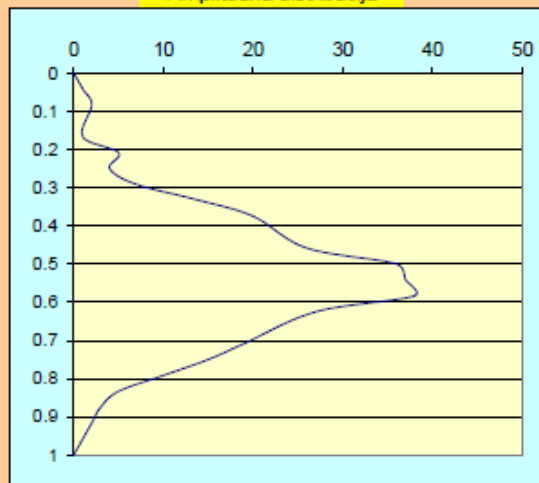
Rt1 = 24 µm	Ry = 24 µm	Sm = 104 µm
Rt2 = 13 µm	Rtm = 16 µm	S = 26 µm
Rt3 = 12 µm	Rv = 11 µm	DELQ = 13.4 deg
Rt4 = 17 µm	Rp = 13 µm	Rsk = 0
Rt5 = 14 µm	R3z = 13 µm	Rku = 3.3
Ra = 3 µm	Rpm = 8 µm	
Rq = 3.9 µm	R3y = 18 µm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



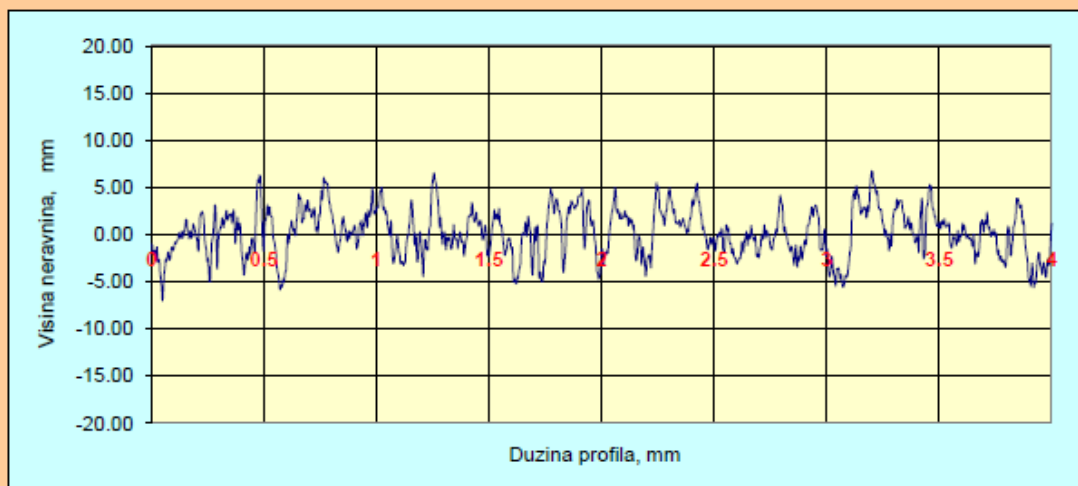
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

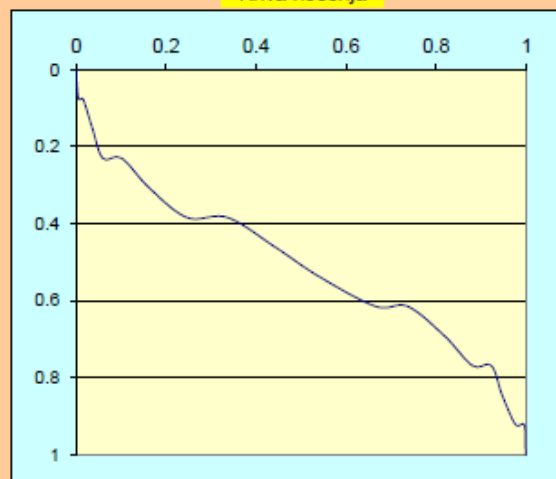


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

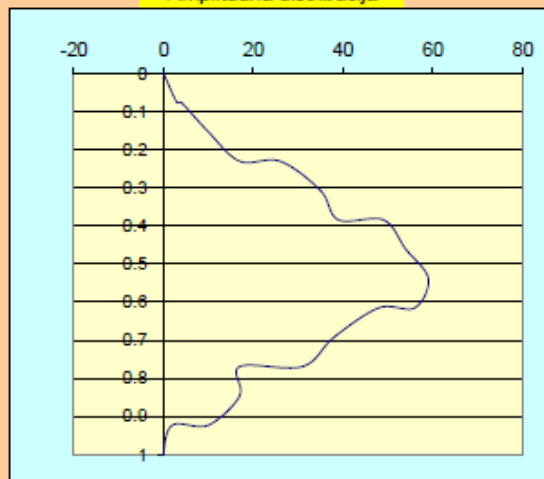
Rt1 =	13 µm	Ry =	13 µm	Sm =	73 µm
Rt2 =	11 µm	Rtm =	12 µm	S =	20 µm
Rt3 =	11 µm	Rv =	7 µm	DELQ =	13.8 deg
Rt4 =	12 µm	Rp =	6 µm	Rsk =	-0.1
Rt5 =	12 µm	R3z =	10 µm	Rku =	2.6
Ra =	2 µm	Rpm =	6 µm		
Rq =	2.5 µm	R3y =	11 µm		



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



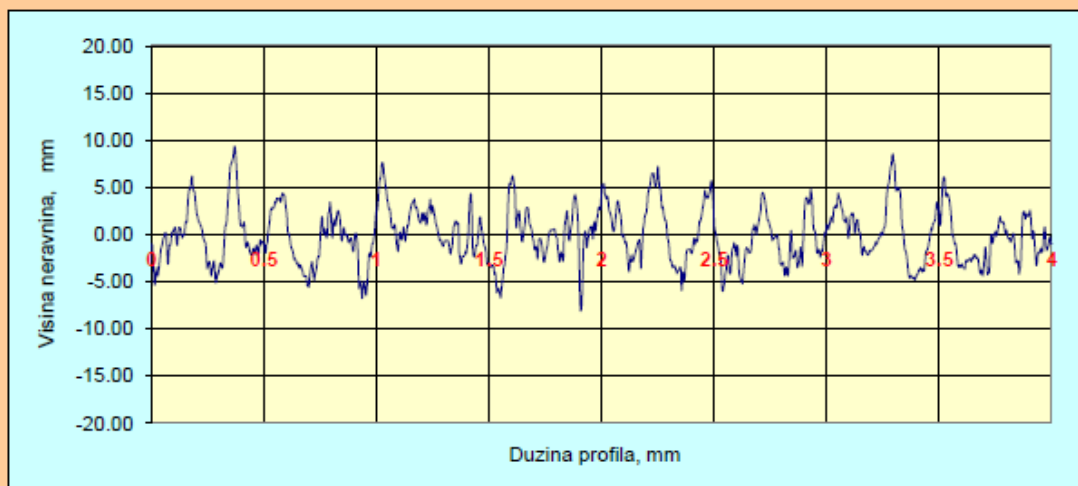
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

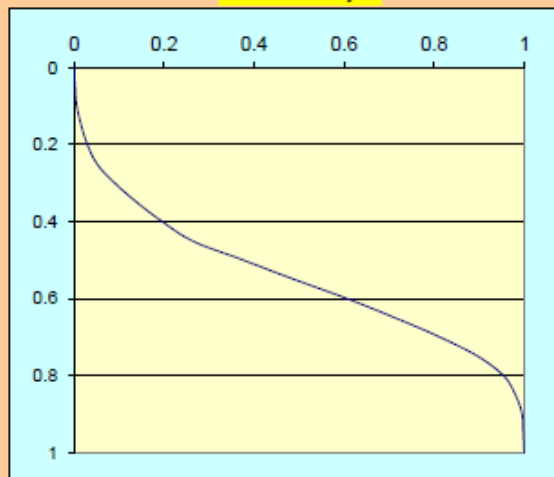


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

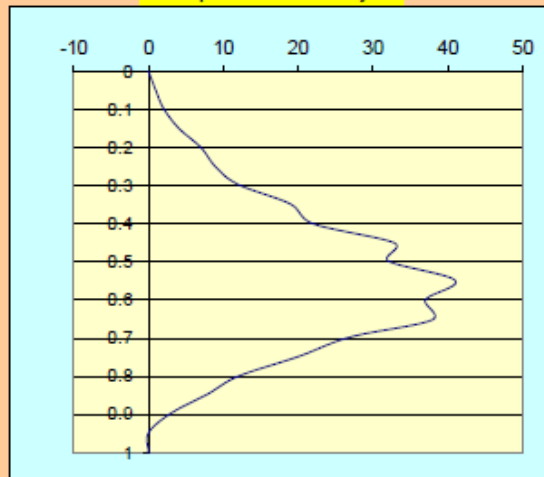
Rt1 = 14.9 μm	Ry = 15.3 μm	Sm = 100 μm
Rt2 = 14.4 μm	Rtm = 13.9 μm	S = 29 μm
Rt3 = 15.3 μm	Rv = 8.1 μm	DELQ = 12 deg
Rt4 = 11.7 μm	Rp = 9.4 μm	Rsk = 0.3
Rt5 = 13.4 μm	R3z = 9.7 μm	Rku = 2.9
Ra = 2.36 μm	Rpm = 7.7 μm	
Rq = 2.94 μm	R3y = 10.2 μm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



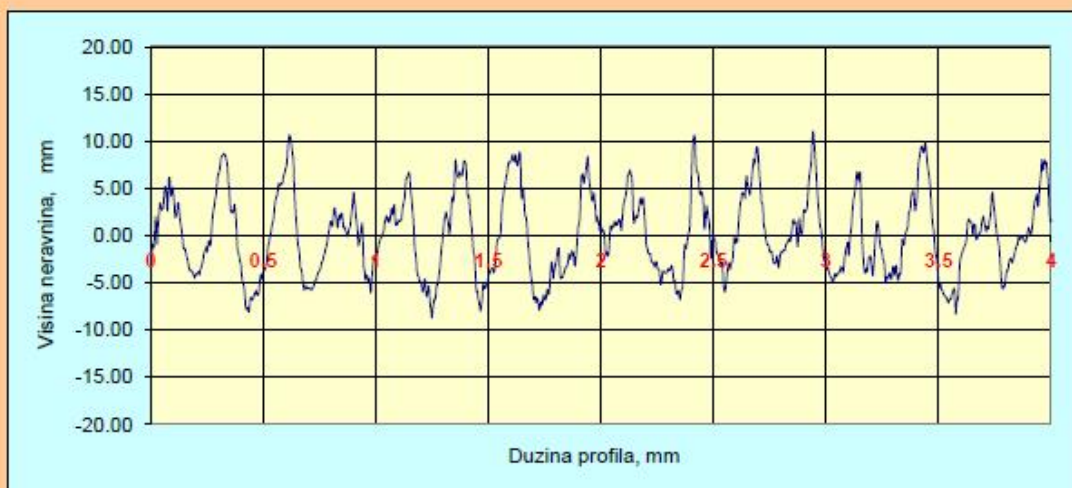
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

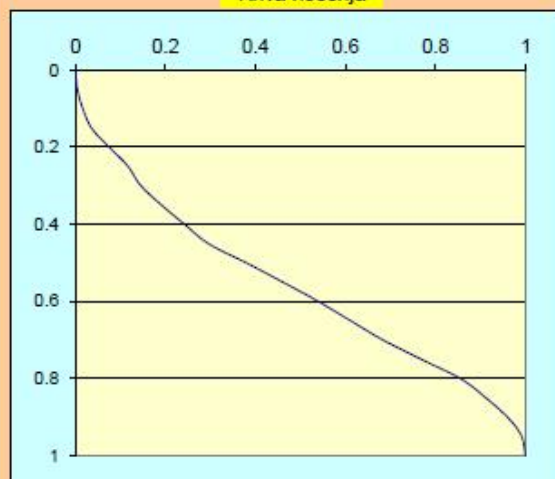


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

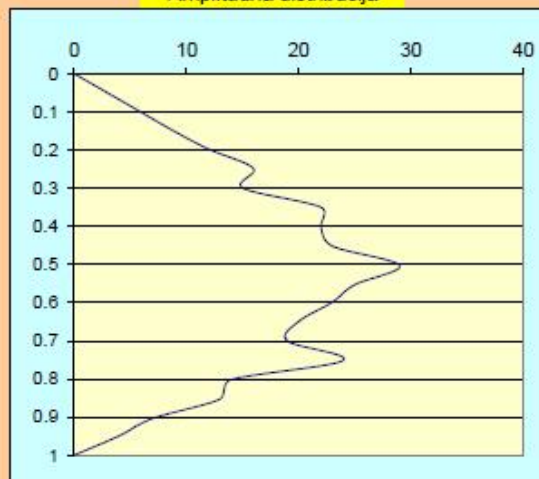
Rt1 = 18.8 μm	Ry = 18.8 μm	Sm = 169 μm
Rt2 = 16.6 μm	Rtm = 17.5 μm	S = 32 μm
Rt3 = 16.7 μm	Rv = 8.7 μm	DELQ = 12.2 deg
Rt4 = 17 μm	Rp = 11 μm	Rsk = 0.3
Rt5 = 18.2 μm	R3z = 13.6 μm	Rku = 2.3
Ra = 3.61 μm	Rpm = 9.7 μm	
Rq = 4.33 μm	R3y = 15.4 μm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



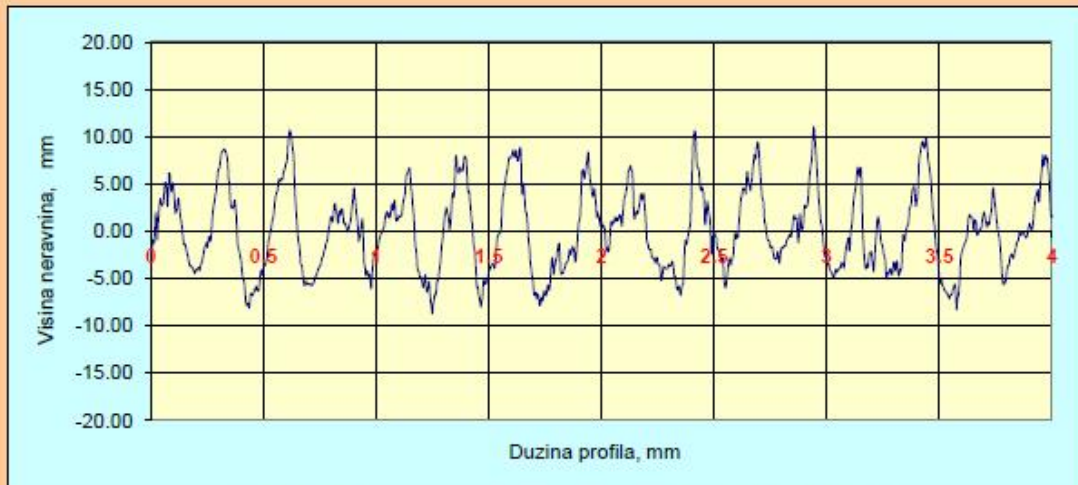
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

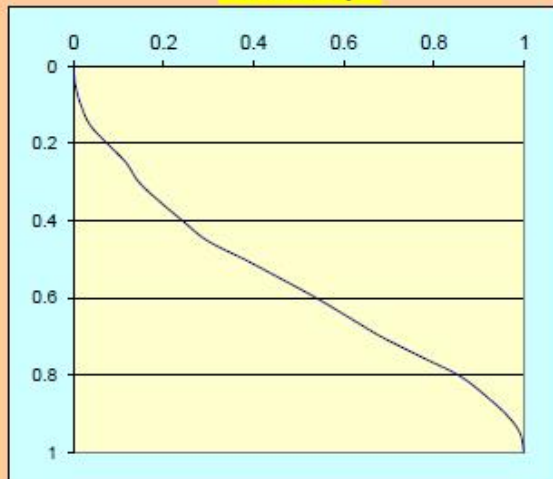


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

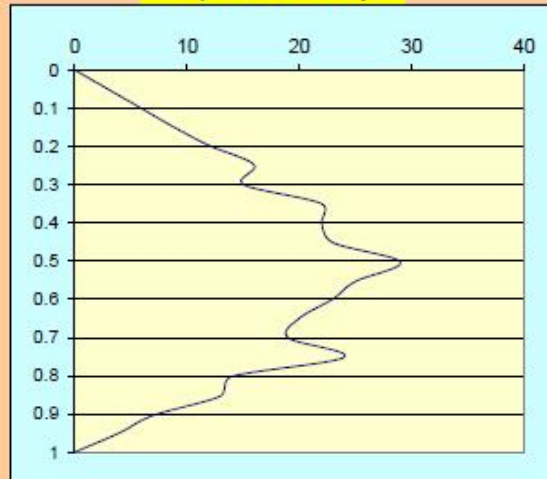
Rt1 = 18.8 µm	Ry = 18.8 µm	Sm = 169 µm
Rt2 = 16.6 µm	Rtm = 30 µm	S = 32 µm
Rt3 = 16.7 µm	Rv = 8.7 µm	DELQ = 12.2 deg
Rt4 = 17 µm	Rp = 11 µm	Rsk = 0.3
Rt5 = 18.2 µm	R3z = 13.6 µm	Rku = 2.3
Ra = 5.7 µm	Rpm = 9.7 µm	
Rq = 4.33 µm	R3y = 15.4 µm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



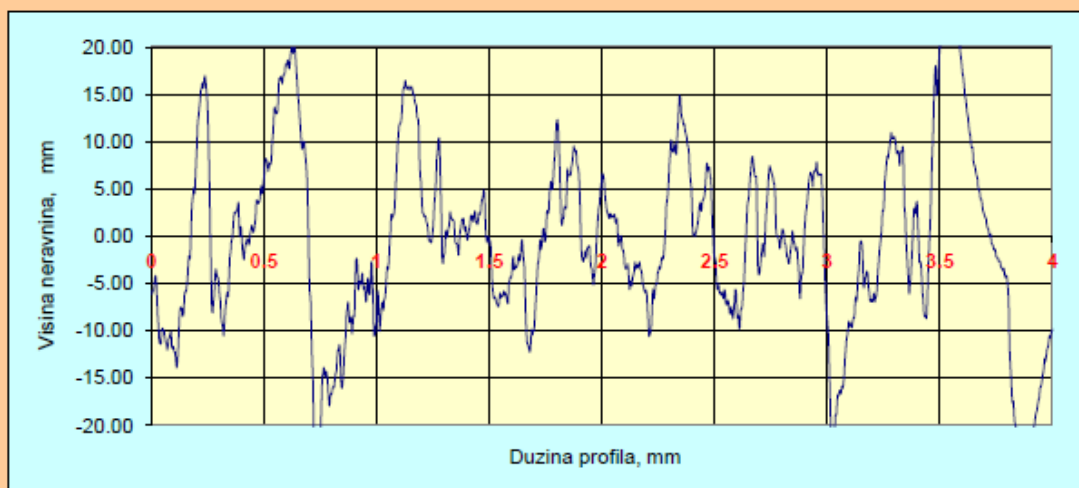
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

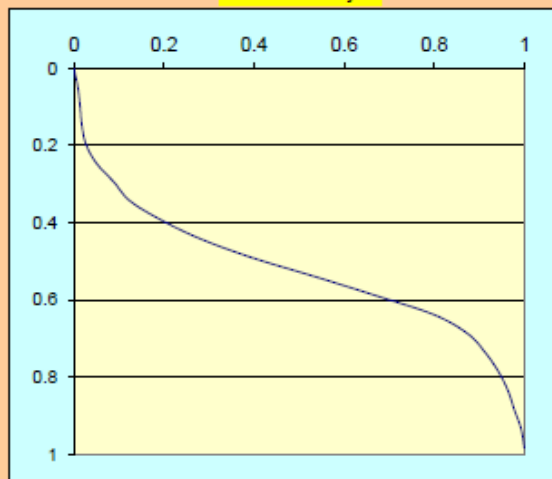


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

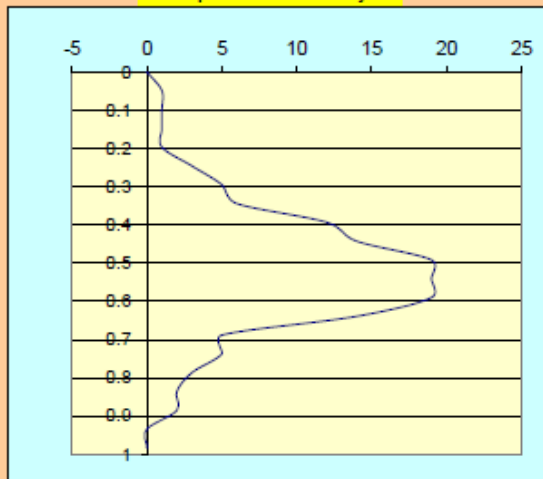
Rt1 =	45 µm	Ry =	60 µm	Sm =	172 µm
Rt2 =	33 µm	Rtm =	39 µm	S =	47 µm
Rt3 =	27 µm	Rv =	29 µm	DELQ =	18.4 deg
Rt4 =	33 µm	Rp =	32 µm	Rsk =	0.2
Rt5 =	60 µm	R3z =	20 µm	Rku =	3.5
Ra =	7.6 µm	Rpm =	19 µm		
Rq =	10 µm	R3y =	31 µm		



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



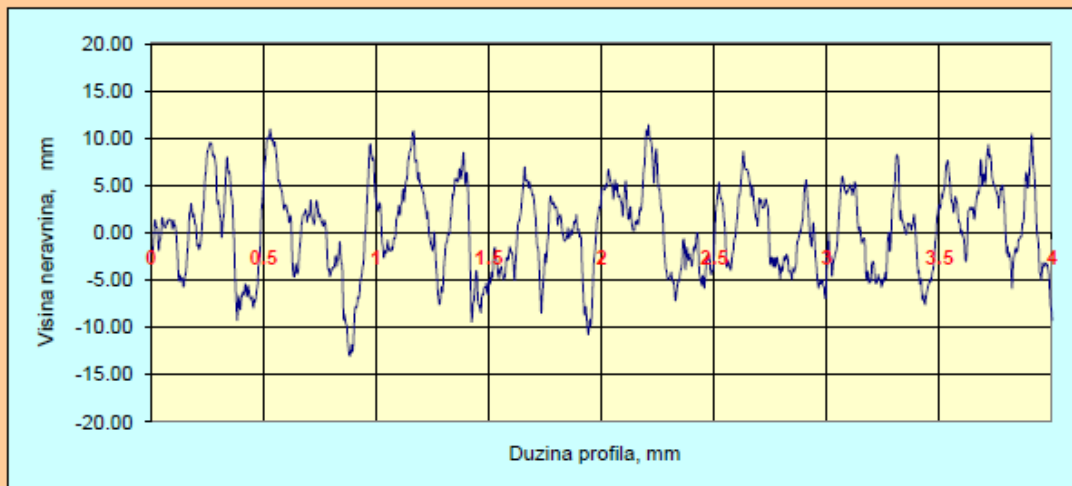
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

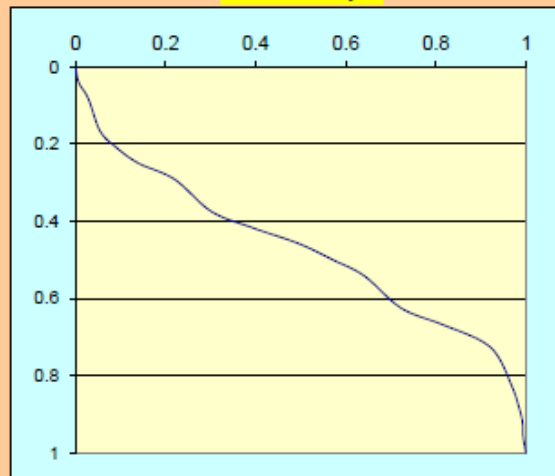


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

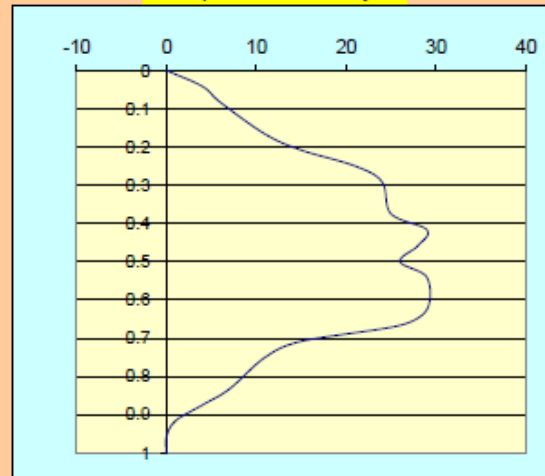
Rt1 =	20 µm	Ry =	24 µm	Sm =	148 µm
Rt2 =	24 µm	Rtm =	20 µm	S =	28 µm
Rt3 =	22 µm	Rv =	13 µm	DELQ =	15.2 deg
Rt4 =	15 µm	Rp =	11 µm	Rsk =	0
Rt5 =	20 µm	R3z =	16 µm	Rku =	2.4
Ra =	3.9 µm	Rpm =	10 µm		
Rq =	4.7 µm	R3y =	18 µm		



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



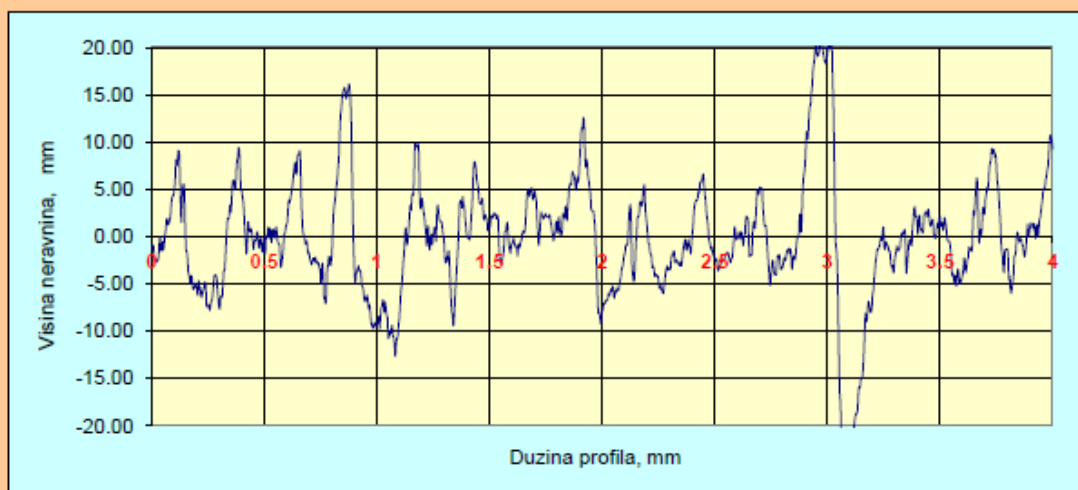
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

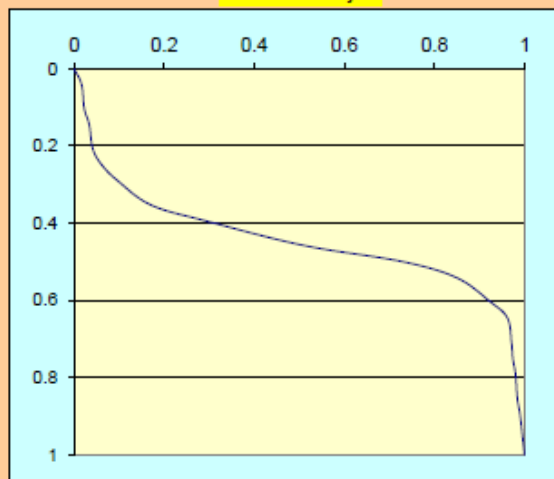


Talysurf-6: Uzorak Ø49mm

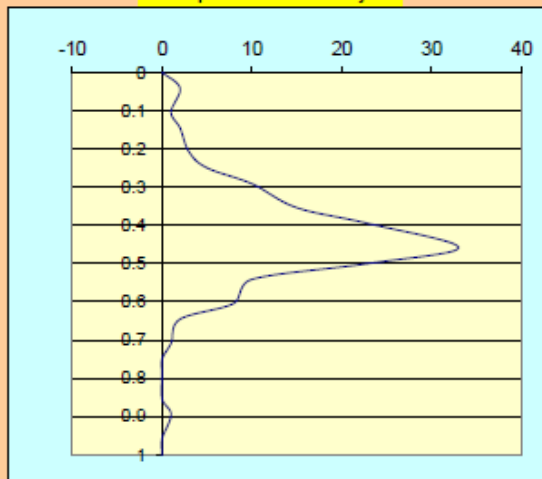
Rt1 =	17 μm	Ry =	48 μm	Sm =	108 μm
Rt2 =	29 μm	Rtm =	26 μm	S =	35 μm
Rt3 =	22 μm	Rv =	27 μm	DELQ =	16.4 deg
Rt4 =	48 μm	Rp =	21 μm	Rsk =	-0.1
Rt5 =	17 μm	R3z =	20 μm	Rku =	6.1
Ra =	4.4 μm	Rpm =	14 μm		
Rq =	6.5 μm	R3y =	42 μm		



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



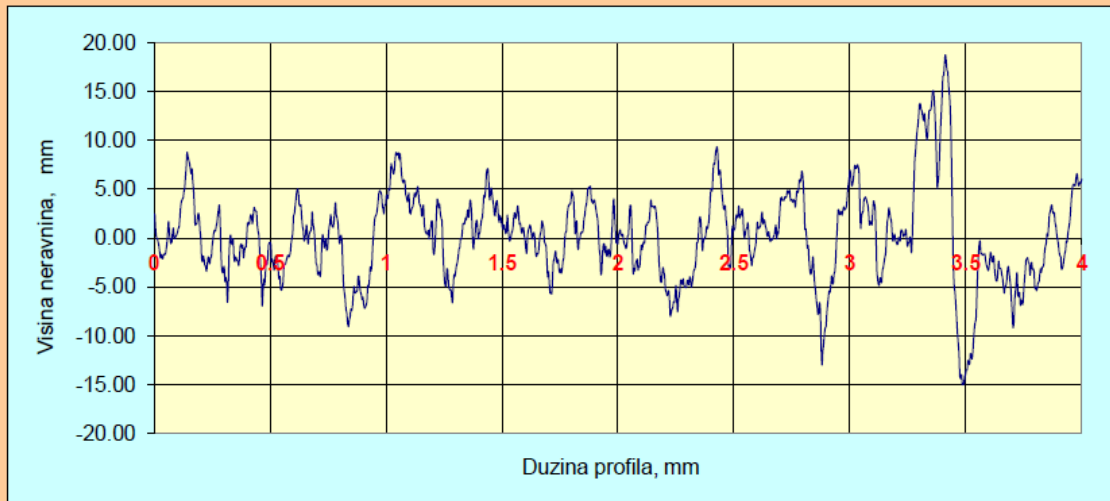
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

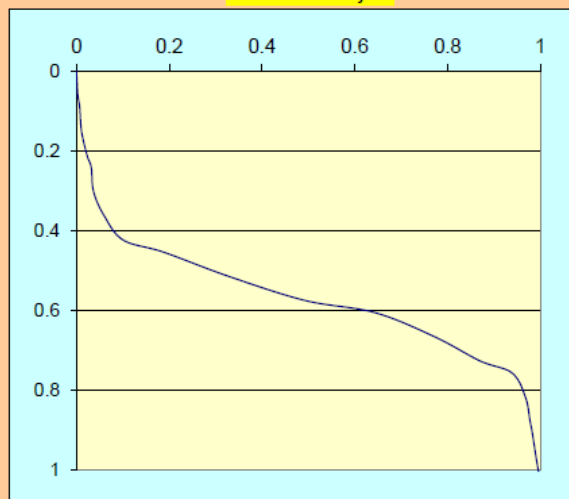


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

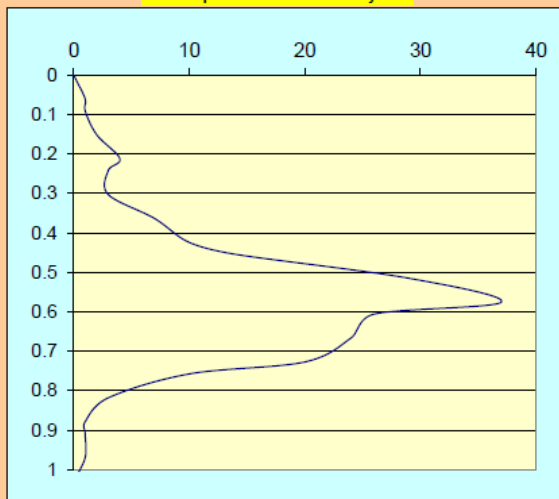
Rt1 =	16 μm	Ry =	34 μm	Sm =	105 μm
Rt2 =	18 μm	Rtm =	21 μm	S =	31 μm
Rt3 =	13 μm	Rv =	15 μm	DELQ =	14.7 deg
Rt4 =	22 μm	Rp =	18 μm	Rsk =	0.3
Rt5 =	34 μm	R3z =	15 μm	Rku =	4.6
Ra =	3.5 μm	Rpm =	10 μm		
Rq =	4.8 μm	R3y =	27 μm		



Kriva nošenja

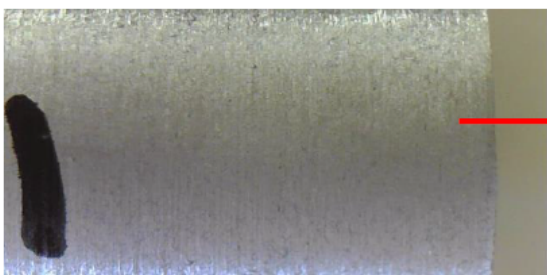


Amplitudna distribucija



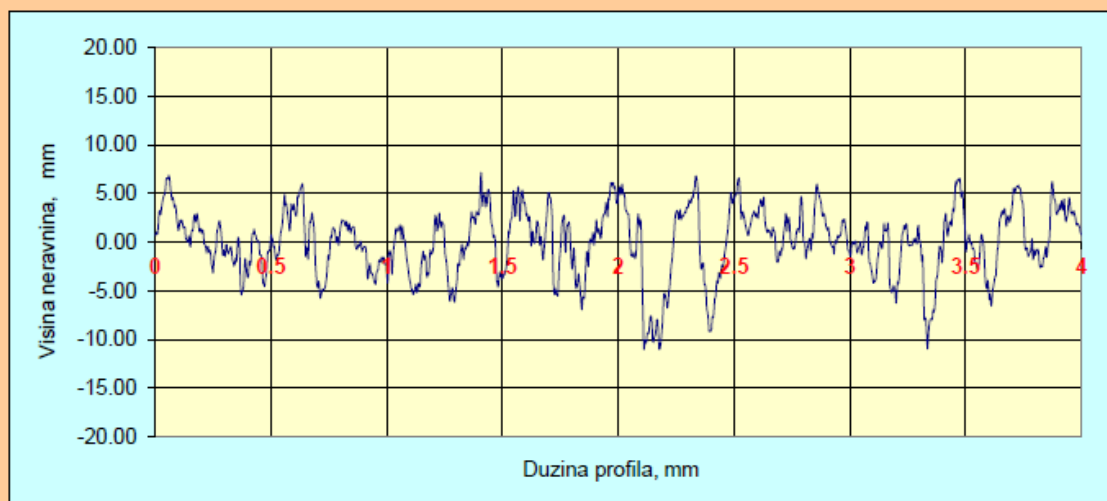
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

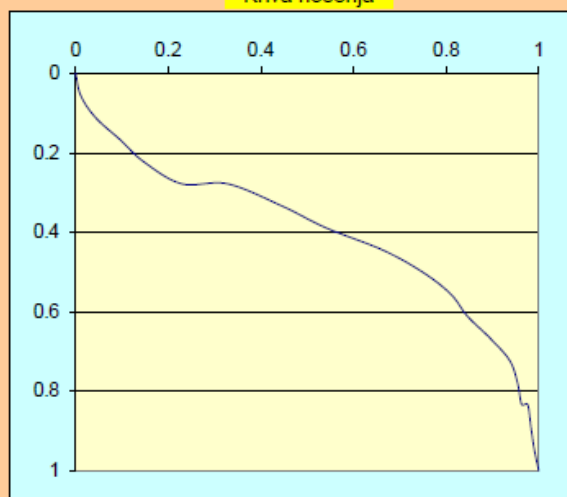


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

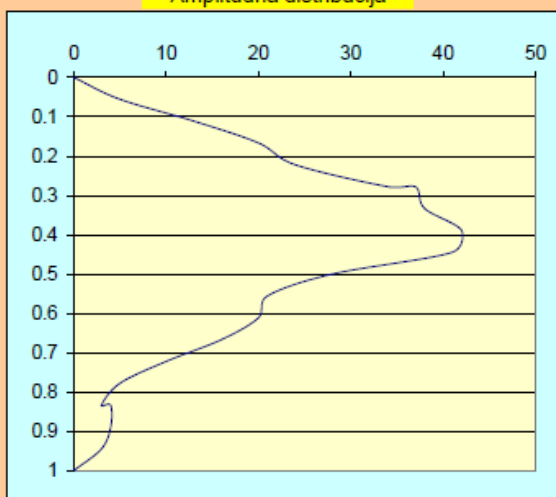
Rt1 =	13 μm	Ry =	18 μm	Sm =	88 μm
Rt2 =	13 μm	Rtm =	15 μm	S =	23 μm
Rt3 =	18 μm	Rv =	11 μm	DELQ =	14.1 deg
Rt4 =	16 μm	Rp =	7 μm	Rsk =	-0.6
Rt5 =	17 μm	R3z =	12 μm	Rku =	3.3
Ra =	2.7 μm	Rpm =	7 μm		
Rq =	3.5 μm	R3y =	16 μm		



Kriva nošenja

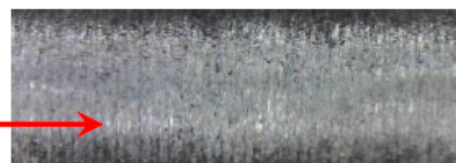
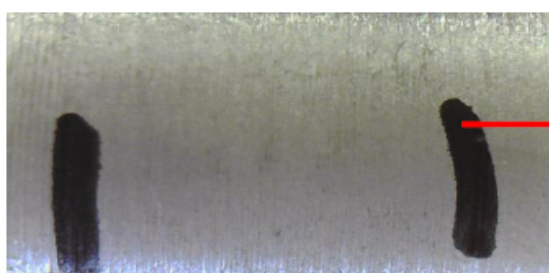


Amplitudna distribucija



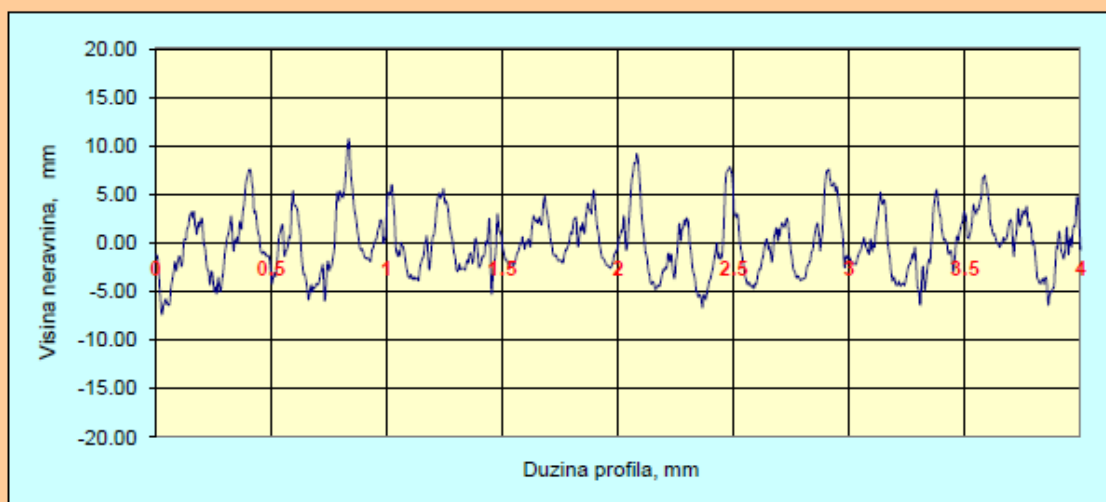
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

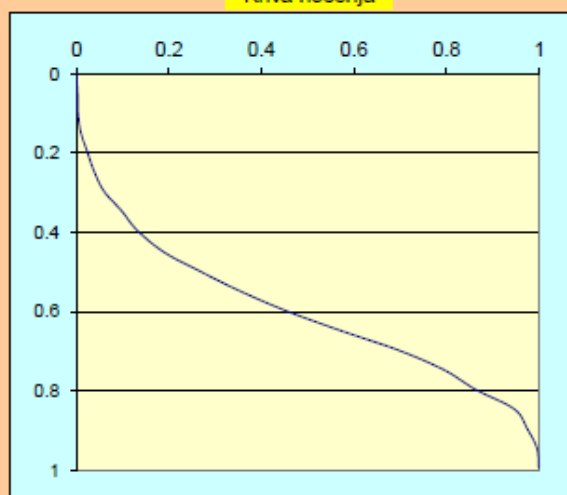


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

Rt1 =	15 µm	Ry =	16 µm	Sm =	104 µm
Rt2 =	16 µm	Rtm =	14.5 µm	S =	34 µm
Rt3 =	15.8 µm	Rv =	7.4 µm	DELQ =	11.2 deg
Rt4 =	12.5 µm	Rp =	10.8 µm	Rsk =	0.5
Rt5 =	13.4 µm	R3z =	10.2 µm	Rku =	2.9
Ra =	2.57 µm	Rpm =	8.5 µm		
Rq =	3.2 µm	R3y =	11.2 µm		

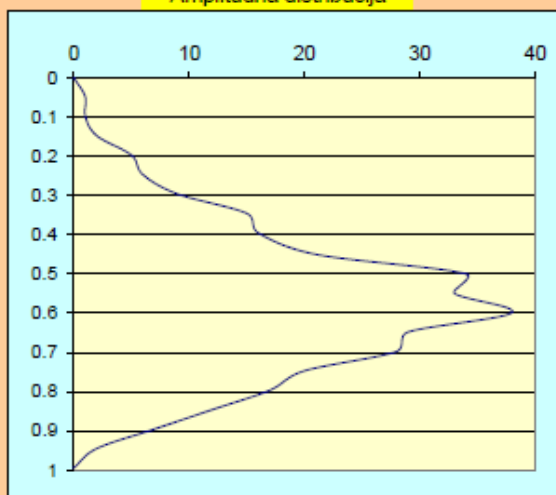


Kriva nošenja



Filtrirani profil 1150 tačaka

Amplitudna distribucija

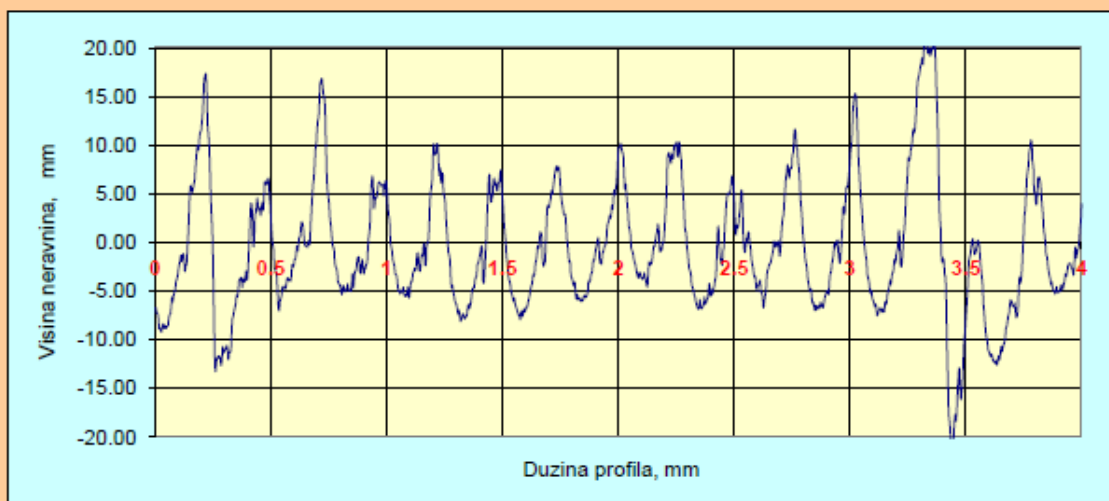


Autor: B. Nedić

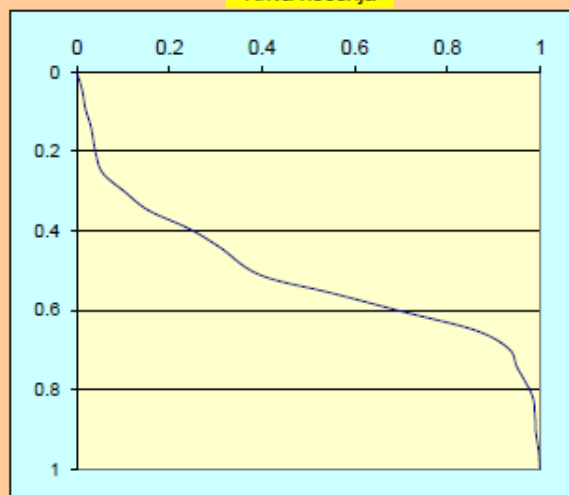


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

Rt1 =	31 µm	Ry =	43 µm	Sm =	160 µm
Rt2 =	18 µm	Rtm =	26 µm	S =	44 µm
Rt3 =	17 µm	Rv =	22 µm	DELQ =	15.4 deg
Rt4 =	23 µm	Rp =	21 µm	Rsk =	0.5
Rt5 =	43 µm	R3z =	21 µm	Rku =	3.7
Ra =	5.3 µm	Rpm =	15 µm		
Rq =	6.8 µm	R3y =	35 µm		

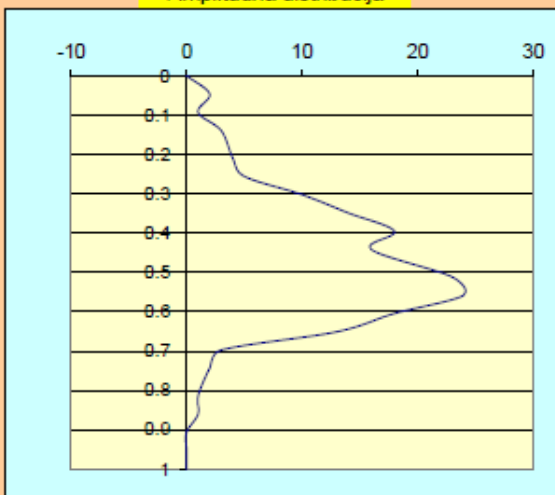


Kriva nošenja

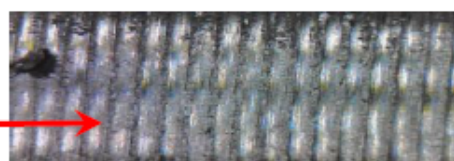
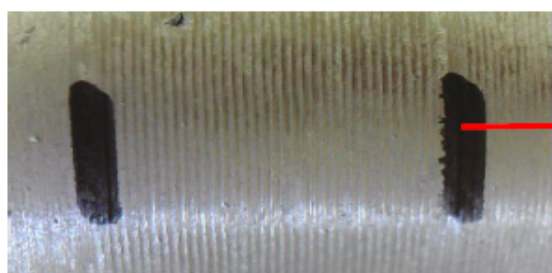


Filtriran profil 1150 tačaka

Amplitudna distribucija

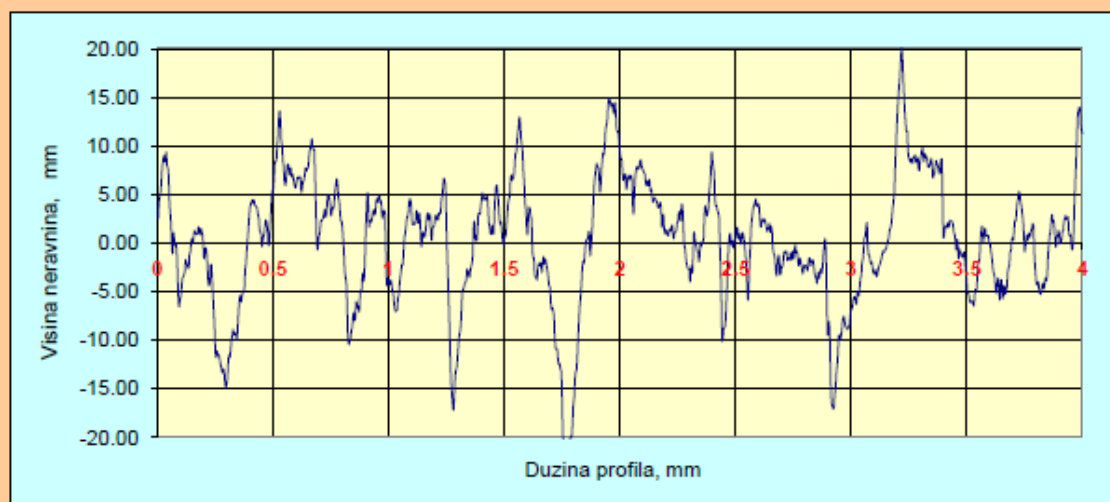


Autor: B. Nedić

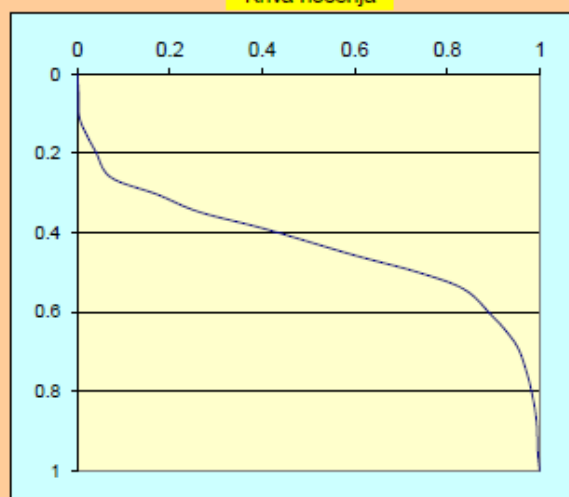


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

Rt1 =	28 µm	Ry =	41 µm	Sm =	126 µm
Rt2 =	30 µm	Rtm =	31 µm	S =	36 µm
Rt3 =	41 µm	Rv =	26 µm	DELQ =	16.2 deg
Rt4 =	31 µm	Rp =	20 µm	Rsk =	-0.5
Rt5 =	27 µm	R3z =	14 µm	Rku =	4.2
Ra =	4.9 µm	Rpm =	15 µm		
Rq =	6.5 µm	R3y =	19 µm		

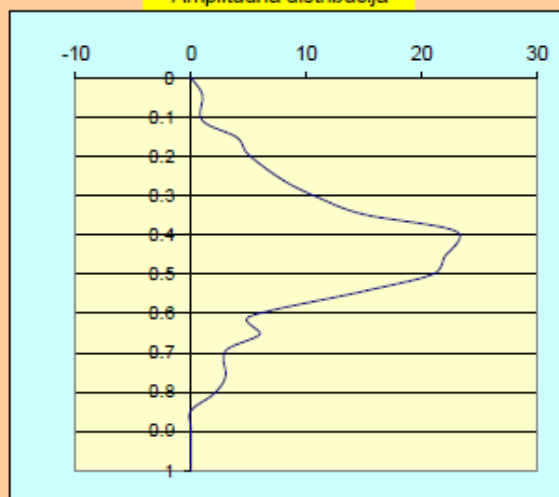


Kriva nošenja

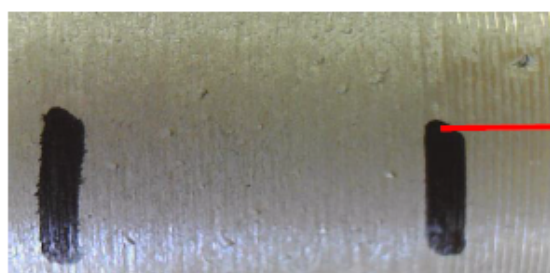


Filtriran profil 1150 tačaka

Amplitudna distribucija

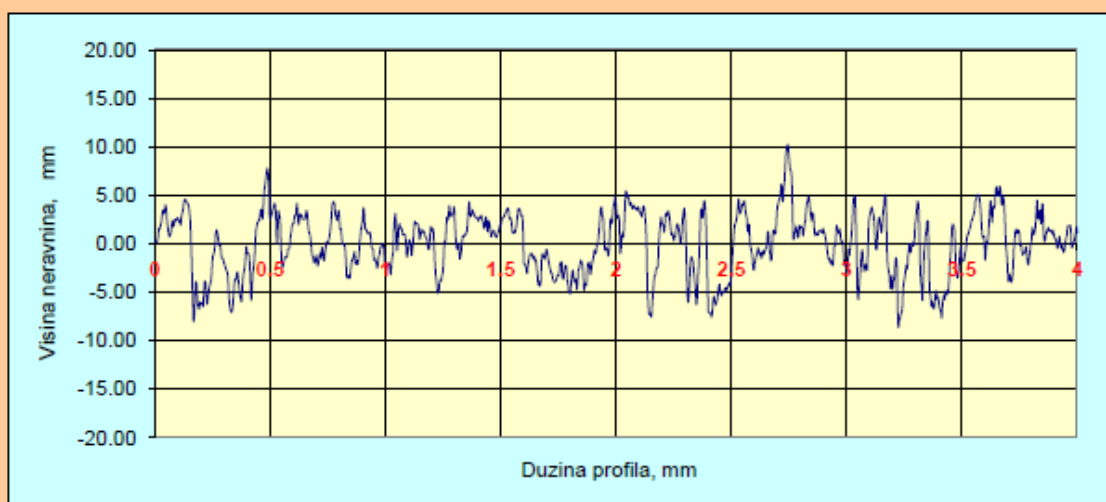


Autor: B. Nedić

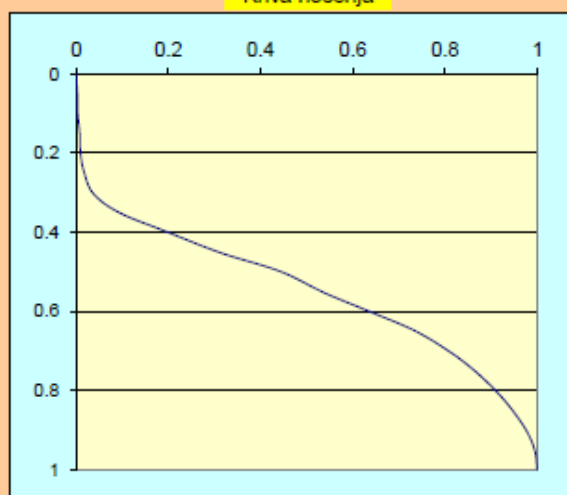


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

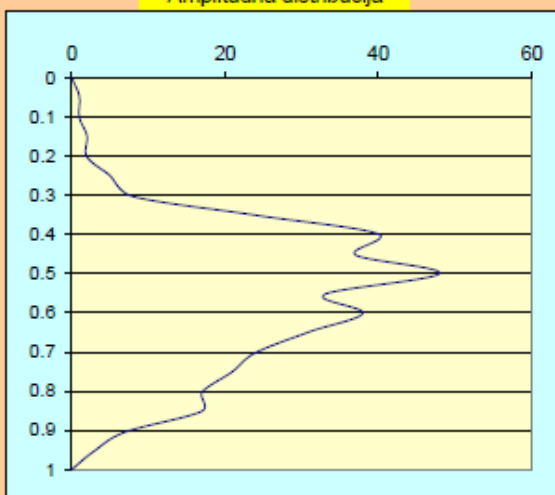
Rt1 = 15.8 µm	Ry = 17.8 µm	Sm = 113 µm
Rt2 = 9.4 µm	Rtm = 14.1 µm	S = 27 µm
Rt3 = 13 µm	Rv = 8.6 µm	DELQ = 14.7 deg
Rt4 = 17.8 µm	Rp = 10.2 µm	Rsk = -0.3
Rt5 = 14.5 µm	R3z = 10.1 µm	Rku = 2.8
Ra = 2.57 µm	Rpm = 6.7 µm	
Rq = 3.14 µm	R3y = 11.7 µm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



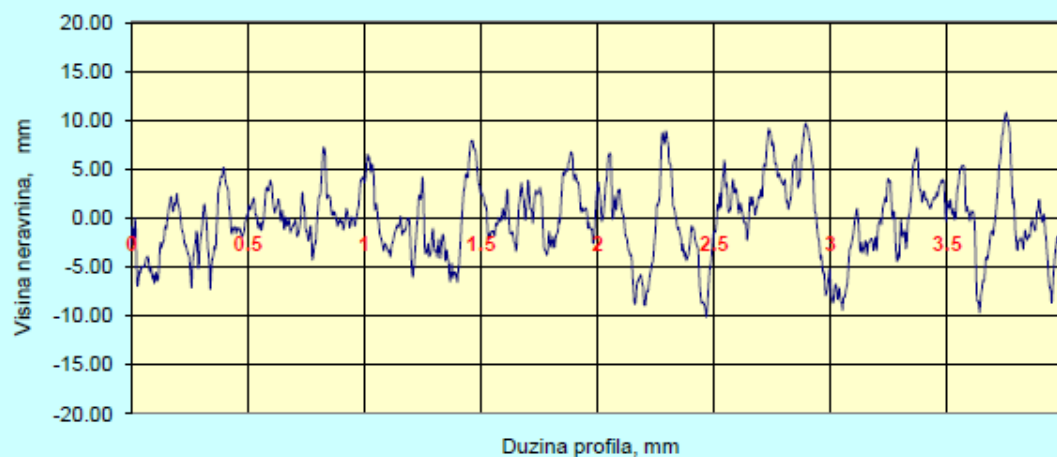
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

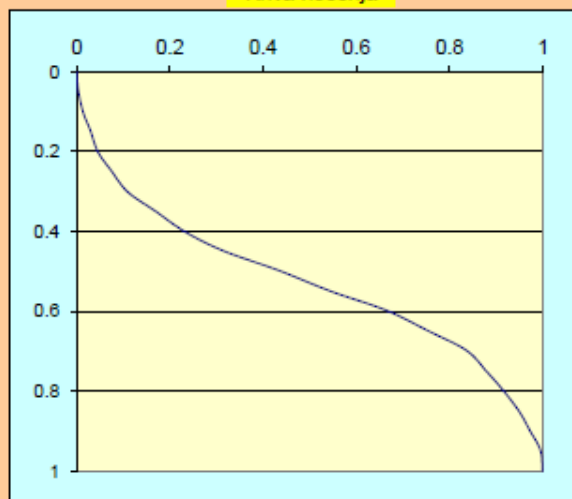


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

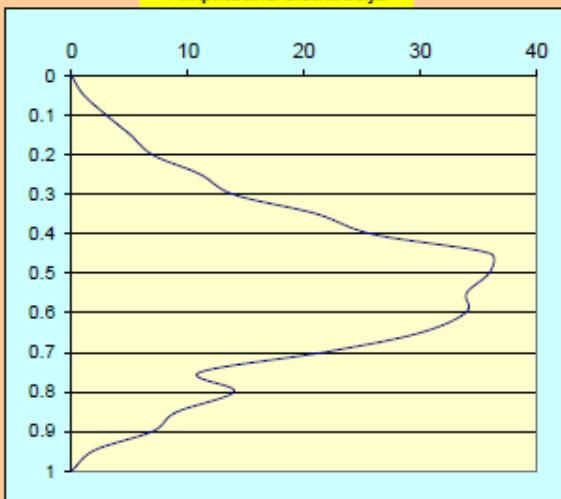
Rt1 = 12.4 µm	Ry = 20.4 µm	Sm = 113 µm
Rt2 = 14.5 µm	Rtm = 17 µm	S = 29 µm
Rt3 = 17.8 µm	Rv = 10.1 µm	DELQ = 13.8 deg
Rt4 = 19.8 µm	Rp = 10.8 µm	Rsk = 0.1
Rt5 = 20.4 µm	R3z = 12 µm	Rku = 2.9
Ra = 3.06 µm	Rpm = 8.5 µm	
Rq = 3.89 µm	R3y = 16.4 µm	



Kriva nošenja

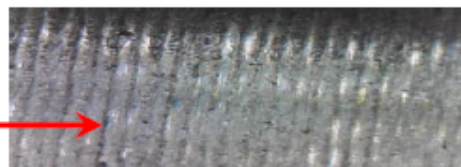


Amplitudna distribucija



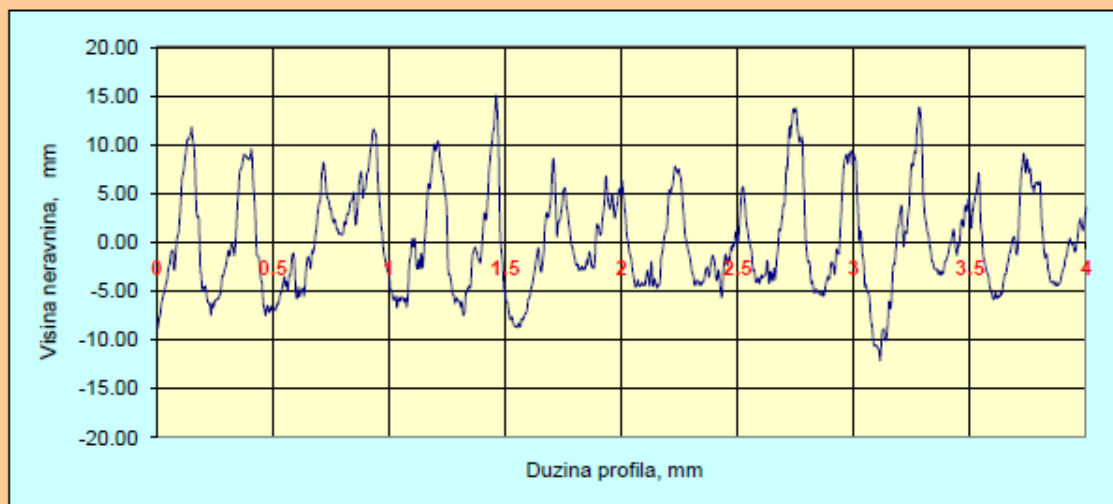
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

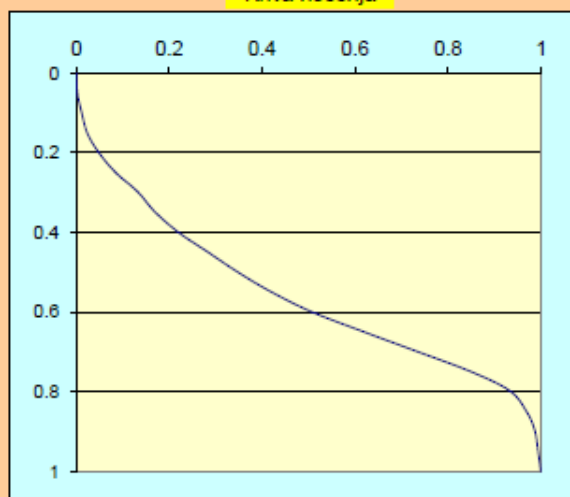


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

Rt1 = 20.6 μm	Ry = 25.8 μm	Sm = 185 μm
Rt2 = 23.8 μm	Rtm = 20.8 μm	S = 35 μm
Rt3 = 14.3 μm	Rv = 12.1 μm	DELQ = 13.5 deg
Rt4 = 25.8 μm	Rp = 15.1 μm	Rsk = 0.5
Rt5 = 19.7 μm	R3z = 15.6 μm	Rku = 2.6
Ra = 4.33 μm	Rpm = 12.6 μm	
Rq = 5.24 μm	R3y = 18.6 μm	

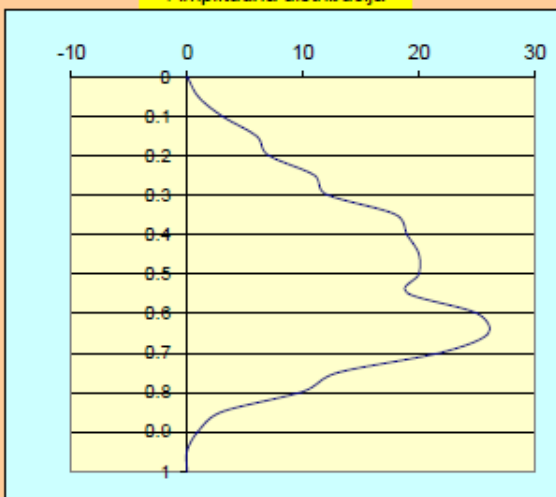


Kriva nošenja



Filtriran profil 1150 tačaka

Amplitudna distribucija

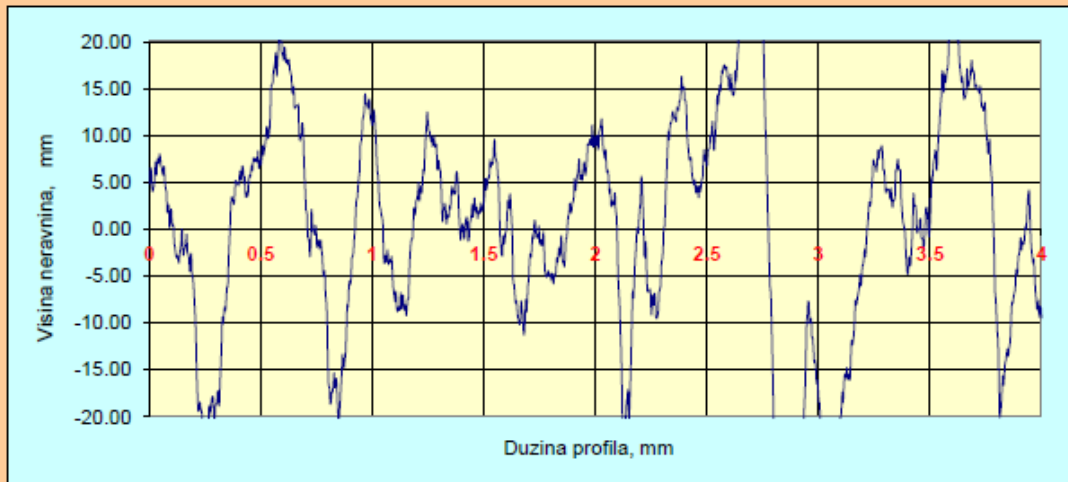


Autor: B. Nedić

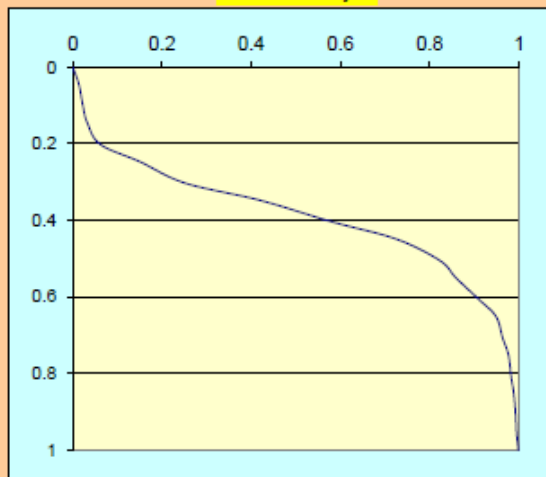


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

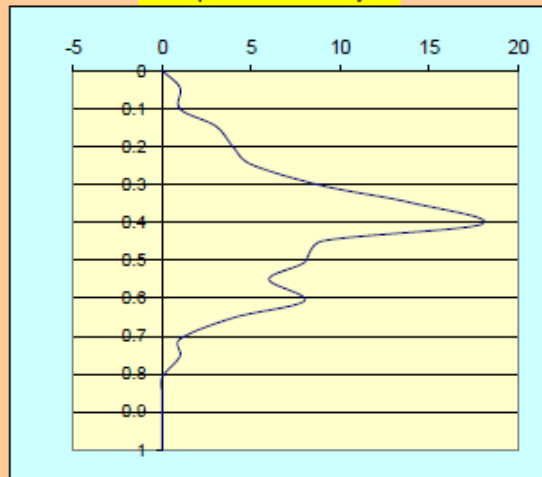
Rt1 = 47 µm	Ry = 90 µm	Sm = 256 µm
Rt2 = 35 µm	Rtm = 51 µm	S = 46 µm
Rt3 = 40 µm	Rv = 55 µm	DELQ = 20.5 deg
Rt4 = 90 µm	Rp = 34 µm	Rsk = -0.7
Rt5 = 43 µm	R3z = 33 µm	Rku = 4.6
Ra = 10 µm	Rpm = 22 µm	
Rq = 13.5 µm	R3y = 58 µm	



Kriva nošenja

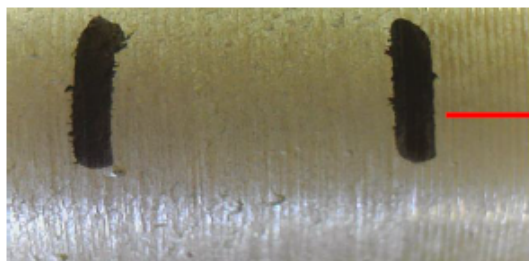


Amplitudna distribucija



Filtriran profil 1150 tacaka

Autor: B. Nedic

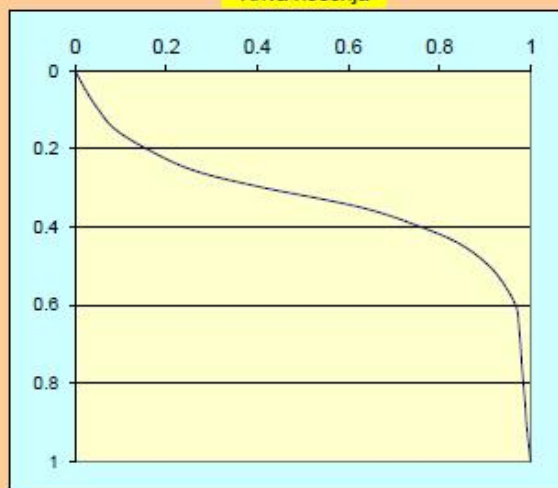


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

Rt1 =	94 µm	Ry =	94 µm	Sm =	216 µm
Rt2 =	54 µm	Rtm =	52 µm	S =	41 µm
Rt3 =	37 µm	Rv =	64 µm	DELQ =	22 deg
Rt4 =	42 µm	Rp =	30 µm	Rsk =	-1
Rt5 =	32 µm	R3z =	29 µm	Rku =	6.4
Ra =	9.7 µm	Rpm =	21 µm		
Rq =	13.7 µm	R3y =	43 µm		



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



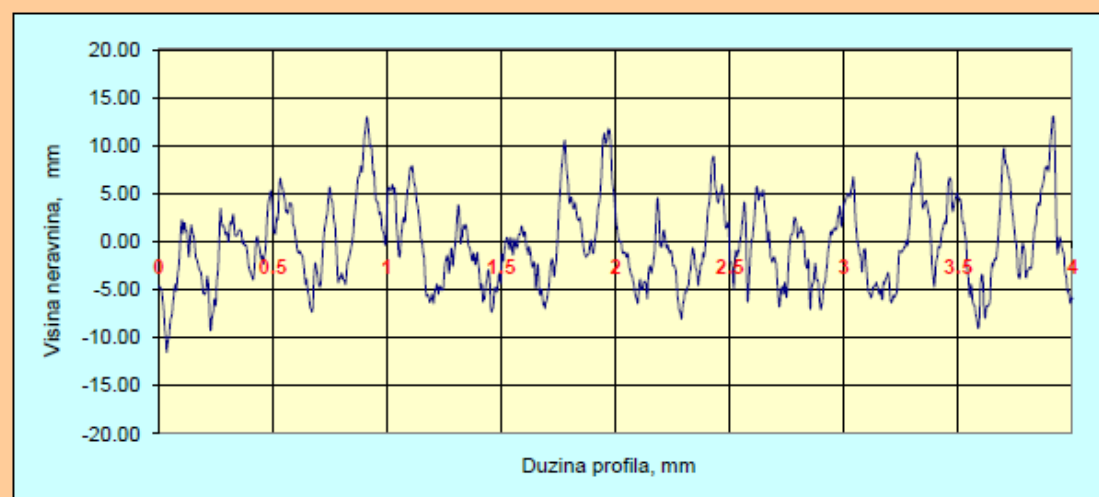
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

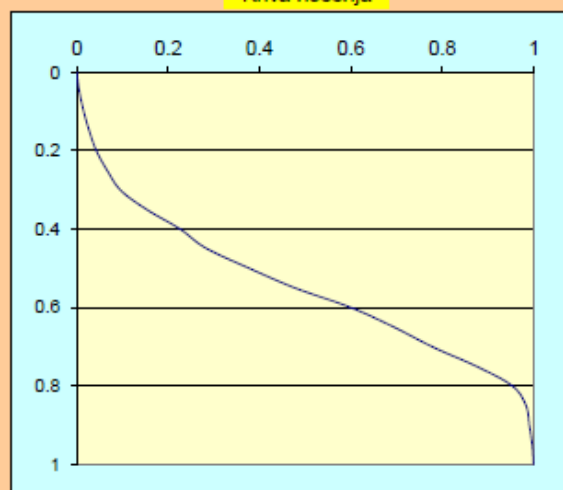


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

Rt1 = 18.1 μm	Ry = 22 μm	Sm = 137 μm
Rt2 = 20.3 μm	Rtm = 19.2 μm	S = 35 μm
Rt3 = 19.8 μm	Rv = 11.5 μm	DELQ = 14.1 deg
Rt4 = 16 μm	Rp = 13 μm	Rsk = 0.4
Rt5 = 22 μm	R3z = 14.4 μm	Rku = 2.8
Ra = 3.59 μm	Rpm = 10.7 μm	
Rq = 4.44 μm	R3y = 17 μm	

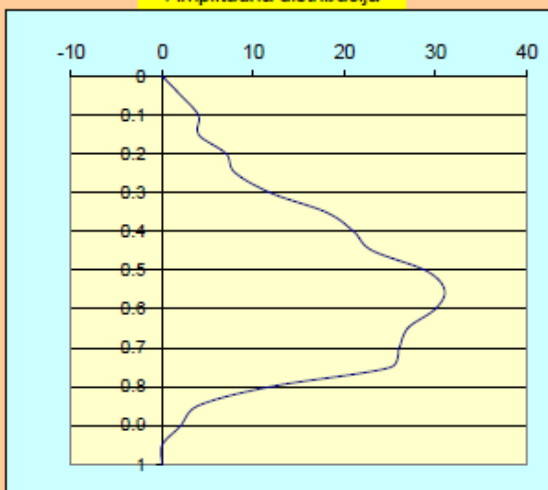


Kriva nošenja



Filtriran profil 1150 tačaka

Amplitudna distribucija

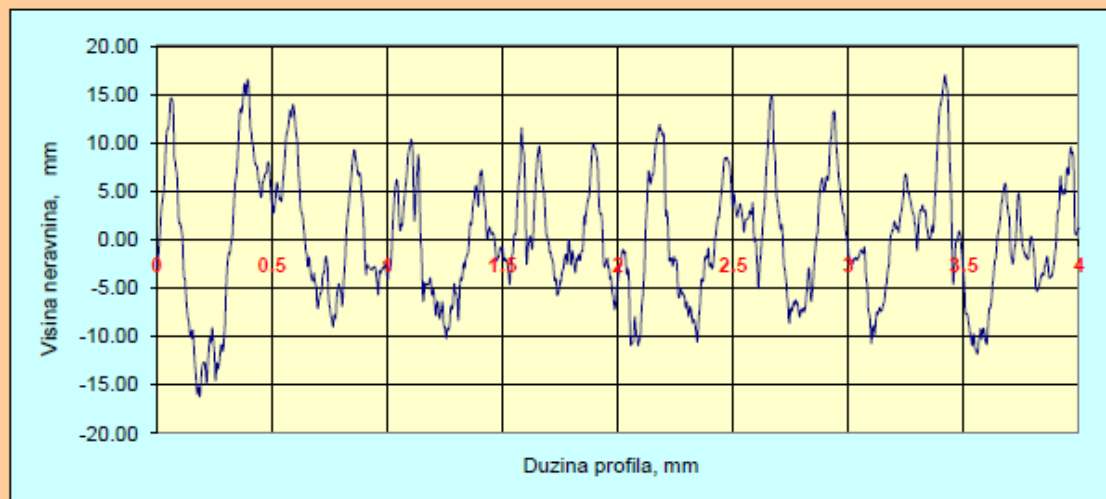


Autor: B. Nedić

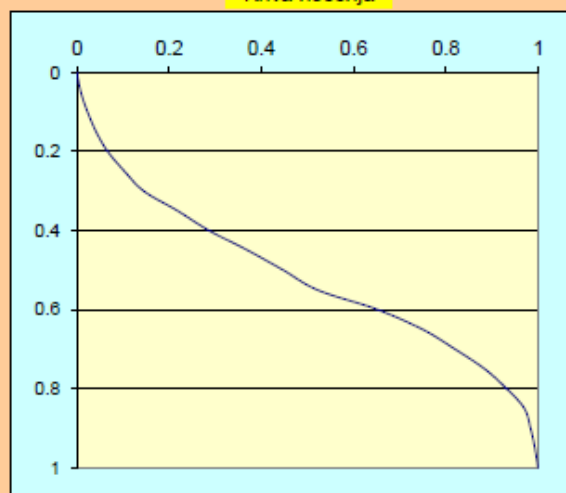


Talysurf-6: Uzorak Ø39mm

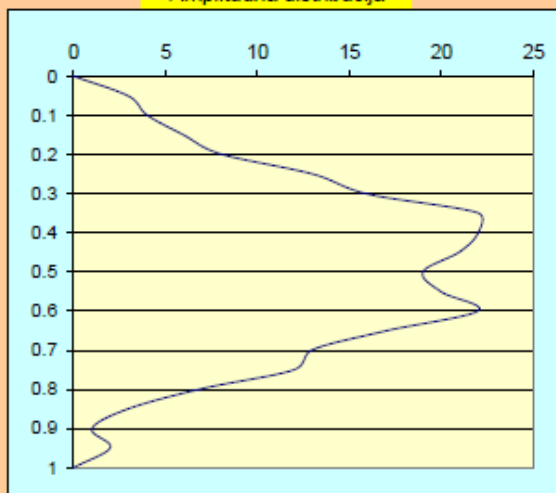
Rt1 = 32.7 μm	Ry = 32.7 μm	Sm = 194 μm
Rt2 = 21.7 μm	Rtm = 26.3 μm	S = 41 μm
Rt3 = 22.8 μm	Rv = 16.2 μm	DELQ = 16.6 deg
Rt4 = 25.6 μm	Rp = 17 μm	Rsk = 0.2
Rt5 = 28.8 μm	R3z = 20.5 μm	Rku = 2.6
Ra = 5.33 μm	Rpm = 14.4 μm	
Rq = 6.53 μm	R3y = 29.6 μm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



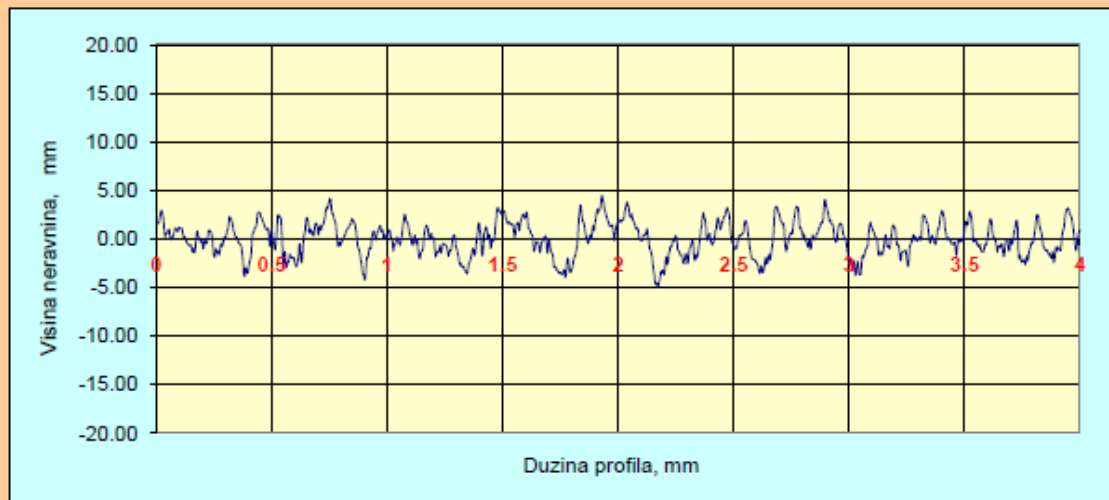
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

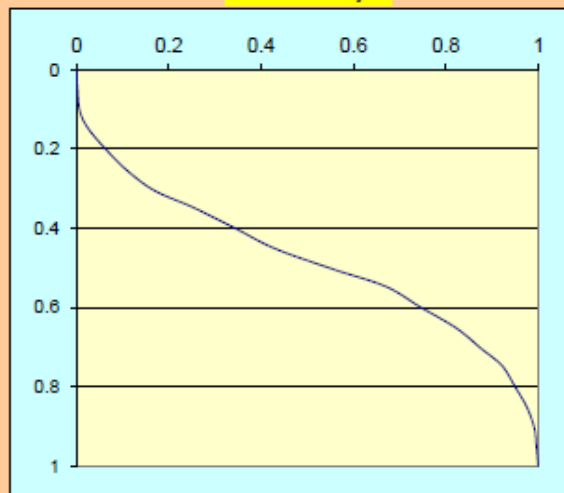


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

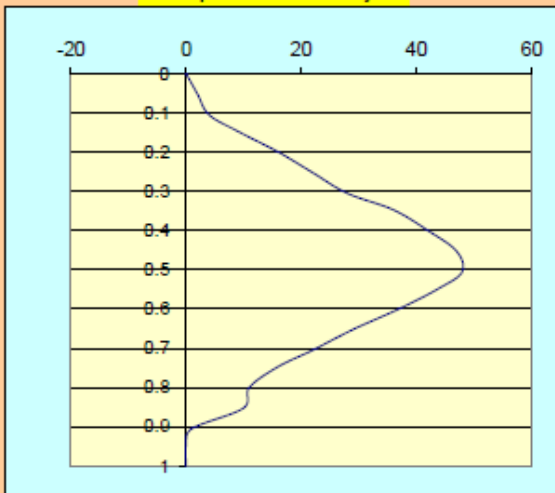
Rt1 =	8 µm	Ry =	9.5 µm	Sm =	74 µm
Rt2 =	7.5 µm	Rtm =	7.8 µm	S =	27 µm
Rt3 =	9.5 µm	Rv =	5 µm	DELQ =	8.1 deg
Rt4 =	7.8 µm	Rp =	4.5 µm	Rsk =	-0.2
Rt5 =	6 µm	R3z =	6.2 µm	Rku =	2.6
Ra =	1.39 µm	Rpm =	3.8 µm		
Rq =	1.73 µm	R3y =	7.2 µm		



Kriva nošenja

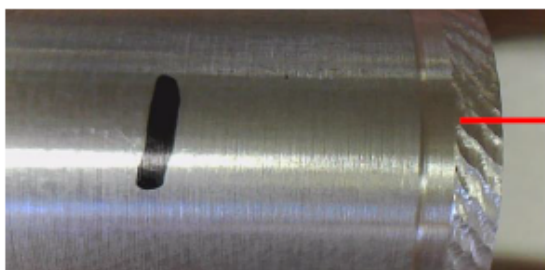


Amplitudna distribucija



Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

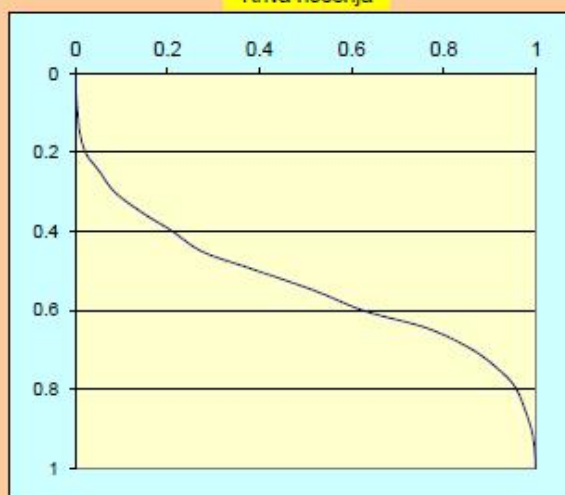


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

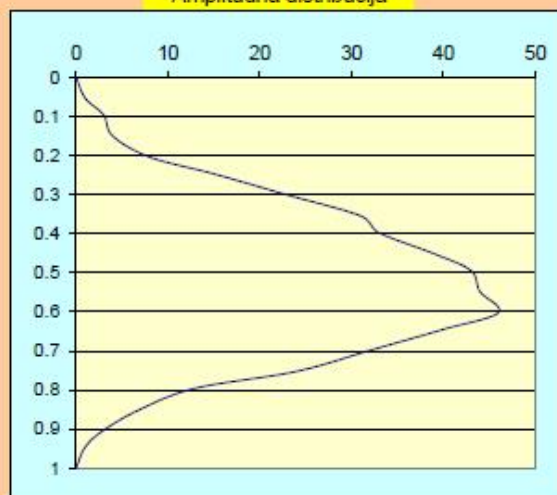
Rt1 =	6.4 μm	Ry =	8.9 μm	Sm =	82 μm
Rt2 =	5.6 μm	Rtm =	7.2 μm	S =	27 μm
Rt3 =	8.9 μm	Rv =	4.3 μm	DELQ =	7.6 deg
Rt4 =	8.8 μm	Rp =	5 μm	Rsk =	0.2
Rt5 =	5.9 μm	R3z =	5.9 μm	Rku =	2.9
Ra =	1.2 μm	Rpm =	3.8 μm		
Rq =	1.51 μm	R3y =	7 μm		



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

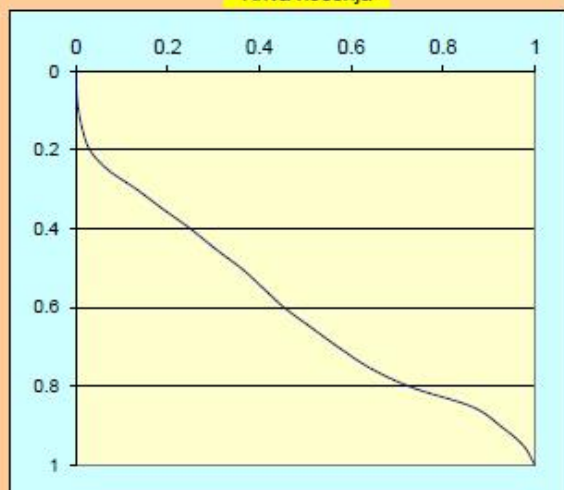


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

Rt1 = 13.8 µm	Ry = 16.3 µm	Sm = 201 µm
Rt2 = 15.4 µm	Rtm = 14.8 µm	S = 46 µm
Rt3 = 13.8 µm	Rv = 6.5 µm	DELQ = 9.1 deg
Rt4 = 16.3 µm	Rp = 9.8 µm	Rsk = 0.3
Rt5 = 14.7 µm	R3z = 11.4 µm	Rku = 1.9
Ra = 3.31 µm	Rpm = 8.6 µm	
Rq = 3.78 µm	R3y = 12.2 µm	



Kriva nošenja

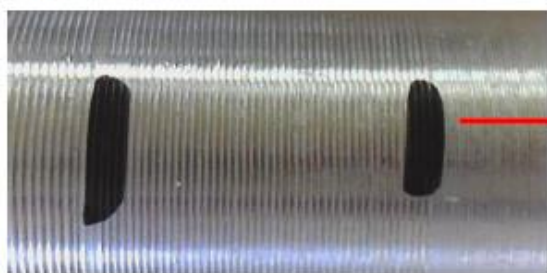


Amplitudna distribucija



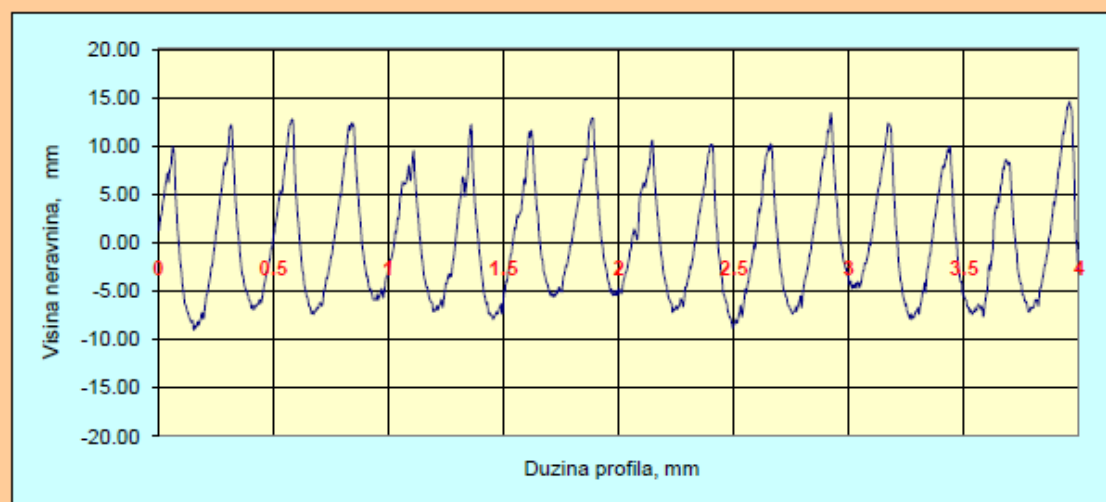
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

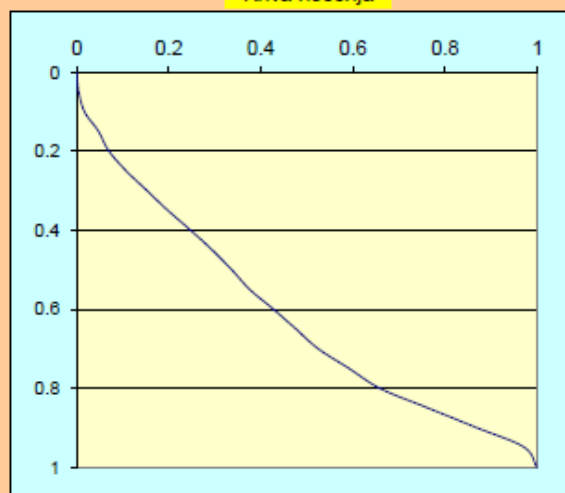


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

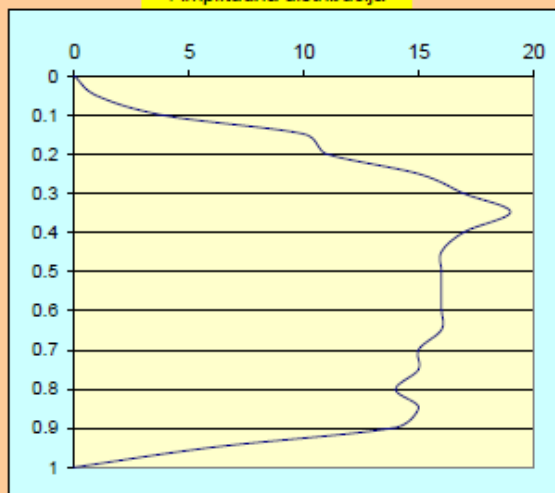
Rt1 =	21.8 µm	Ry =	22.5 µm	Sm =	259 µm
Rt2 =	20.3 µm	Rtm =	21.4 µm	S =	58 µm
Rt3 =	20.1 µm	Rv =	9 µm	DELQ =	11.6 deg
Rt4 =	22.2 µm	Rp =	14.6 µm	Rsk =	0.5
Rt5 =	22.5 µm	R3z =	17.3 µm	Rku =	2
Ra =	5.24 µm	Rpm =	13.2 µm		
Rq =	6.03 µm	R3y =	17.9 µm		



Kriva nošenja

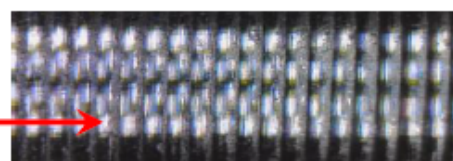
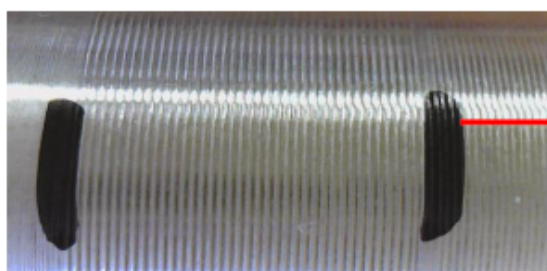


Amplitudna distribucija



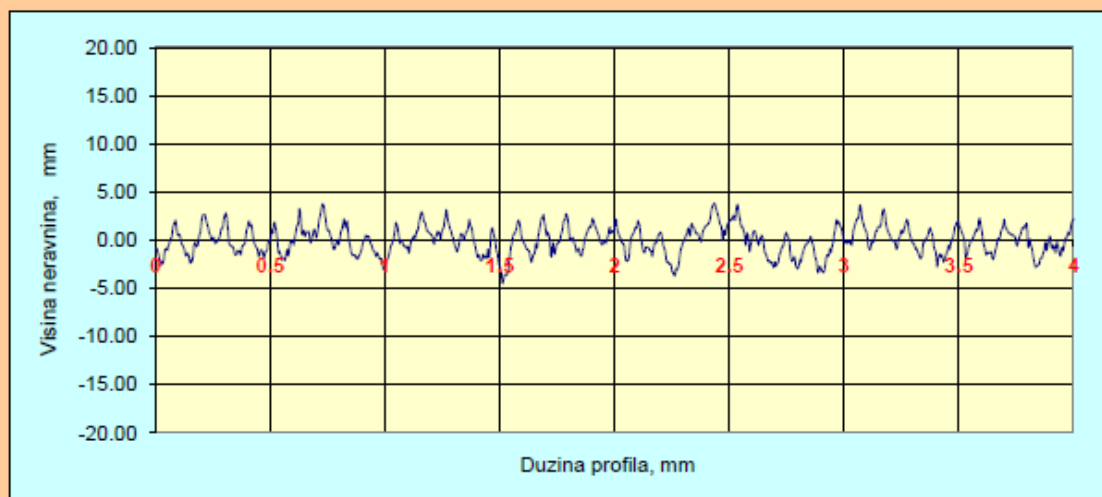
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

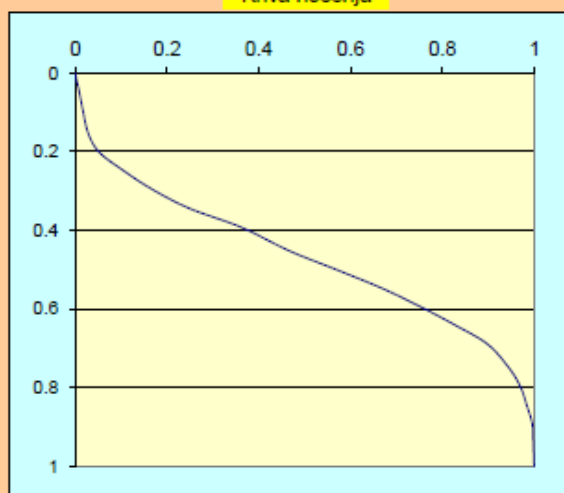


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

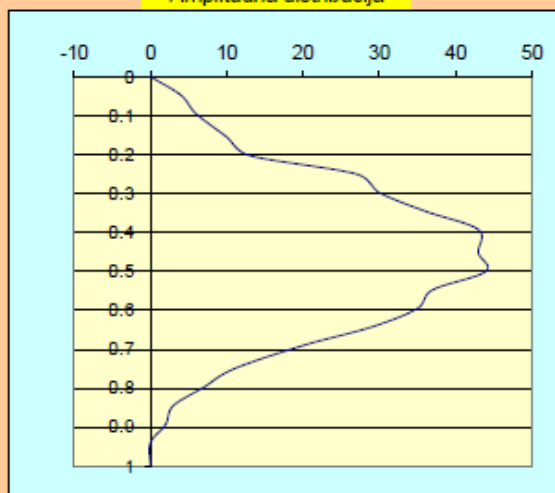
Rt1 =	6.4 μm	Ry =	7.6 μm	Sm =	93 μm
Rt2 =	7.6 μm	Rtm =	6.6 μm	S =	32 μm
Rt3 =	6.5 μm	Rv =	4.5 μm	DELQ =	6.4 deg
Rt4 =	7.3 μm	Rp =	3.9 μm	Rsk =	0
Rt5 =	5.1 μm	R3z =	5.1 μm	Rku =	2.7
Ra =	1.19 μm	Rpm =	3.2 μm		
Rq =	1.47 μm	R3y =	6.2 μm		



Kriva nošenja

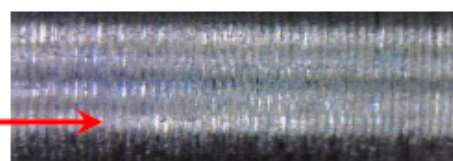
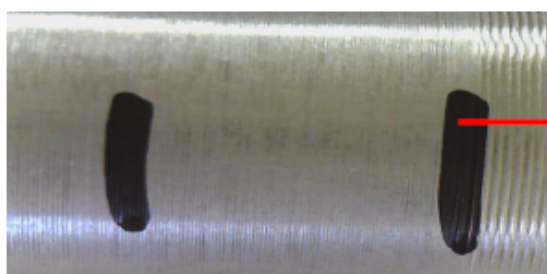


Amplitudna distribucija



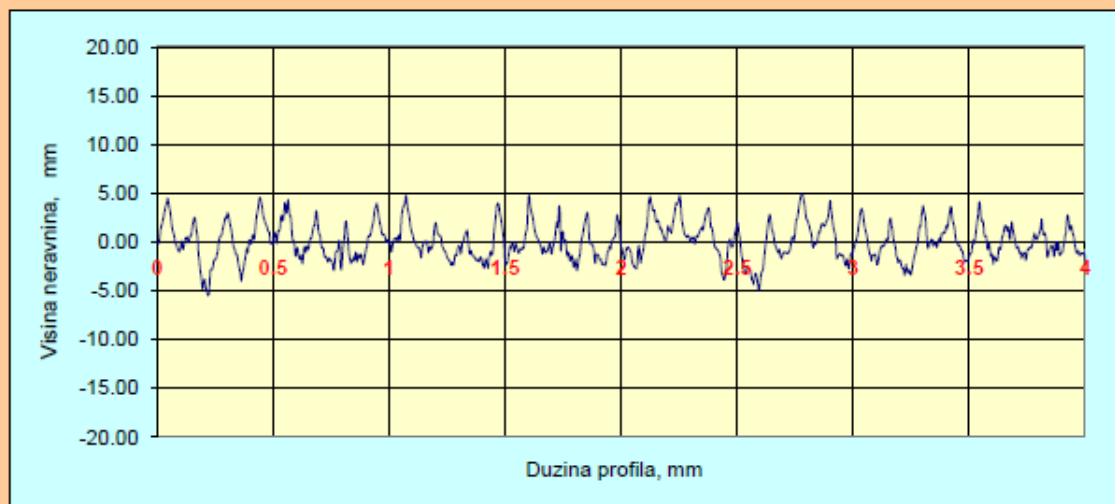
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

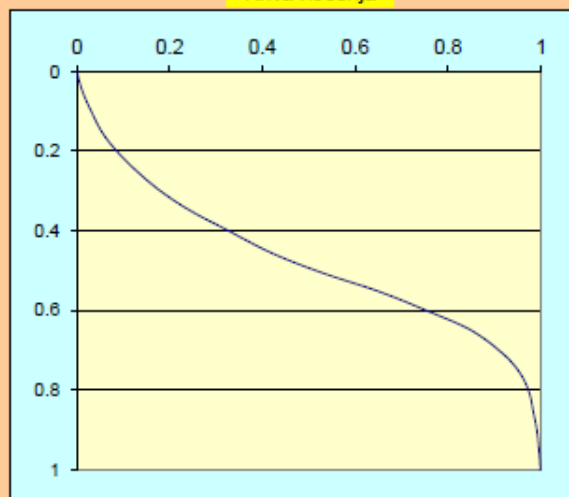


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

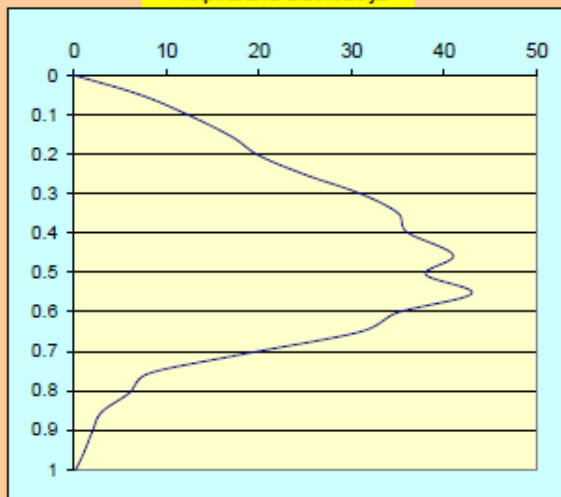
Rt1 = 10.1 μm	Ry = 10.1 μm	Sm = 105 μm
Rt2 = 7.5 μm	Rtm = 8.5 μm	S = 30 μm
Rt3 = 7.7 μm	Rv = 5.5 μm	DELQ = 8.4 deg
Rt4 = 9.8 μm	Rp = 4.8 μm	Rsk = 0.2
Rt5 = 7.5 μm	R3z = 6.9 μm	Rku = 2.8
Ra = 1.51 μm	Rpm = 4.6 μm	
Rq = 1.88 μm	R3y = 8.3 μm	



Kriva nošenja

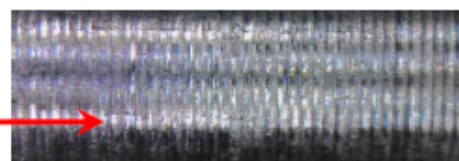


Amplitudna distribucija



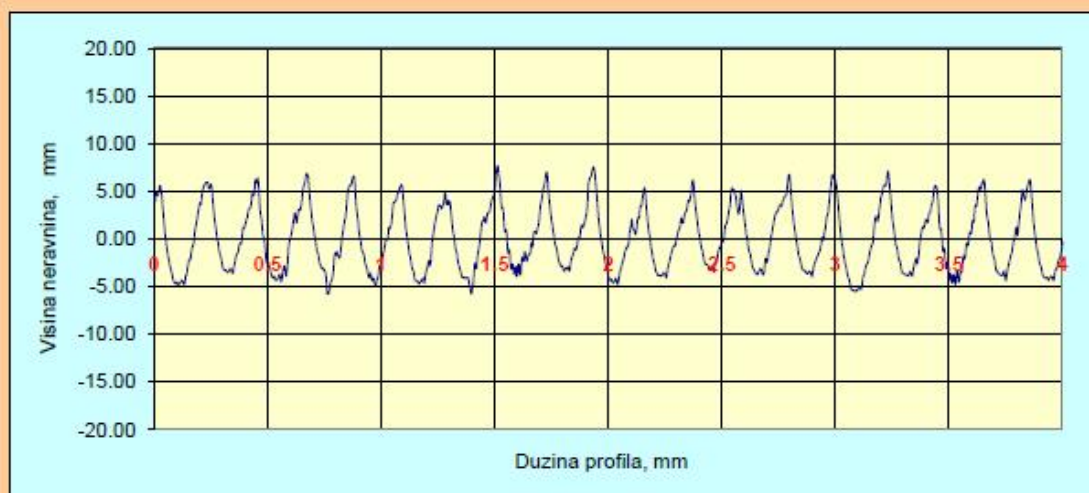
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

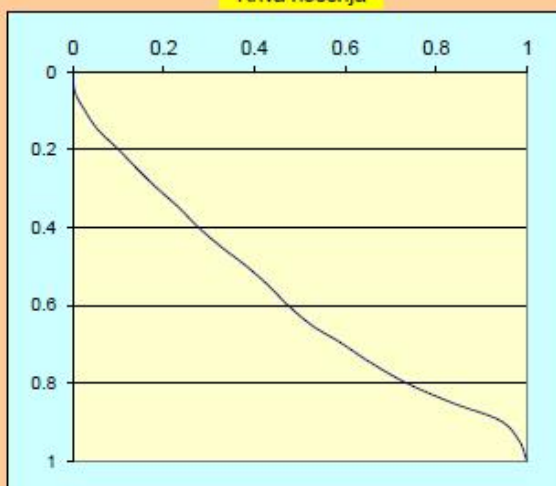


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

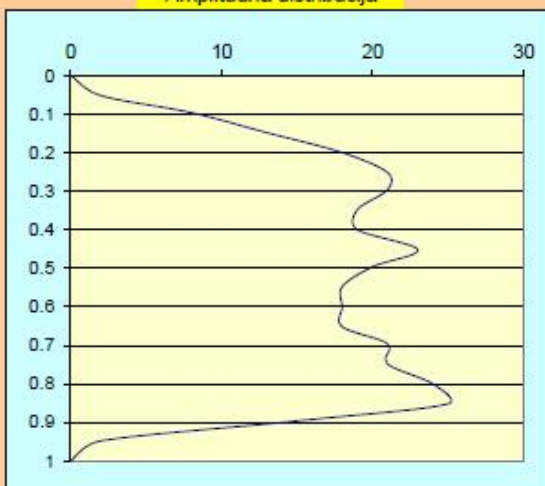
Rt1 = 12.6 μm	Ry = 13.5 μm	Sm = 201 μm
Rt2 = 13.5 μm	Rtm = 12.5 μm	S = 45 μm
Rt3 = 12.4 μm	Rv = 5.8 μm	DELQ = 8.5 deg
Rt4 = 12.3 μm	Rp = 7.7 μm	Rsk = 0.4
Rt5 = 11.9 μm	R3z = 10.2 μm	Rku = 1.9
Ra = 2.97 μm	Rpm = 7.2 μm	
Rq = 3.41 μm	R3y = 11 μm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



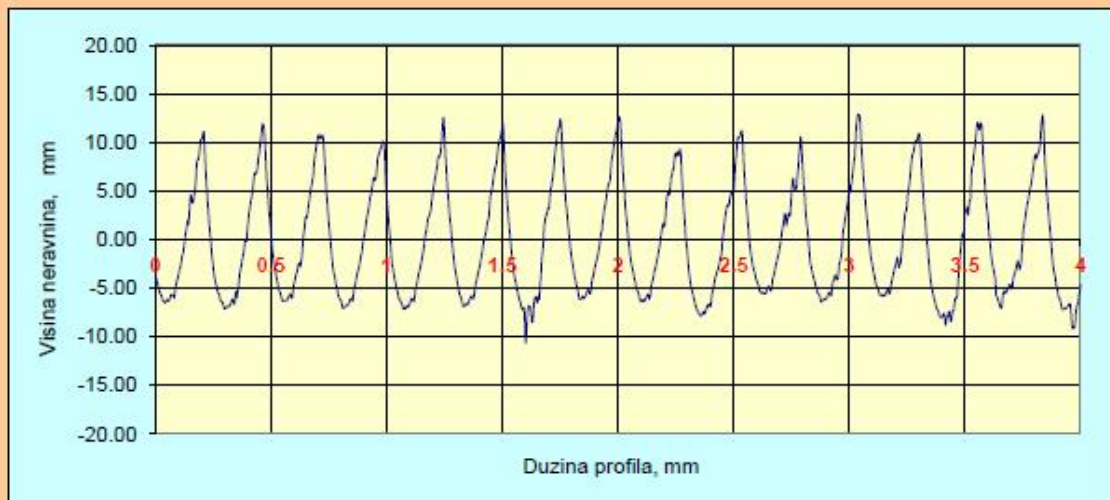
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

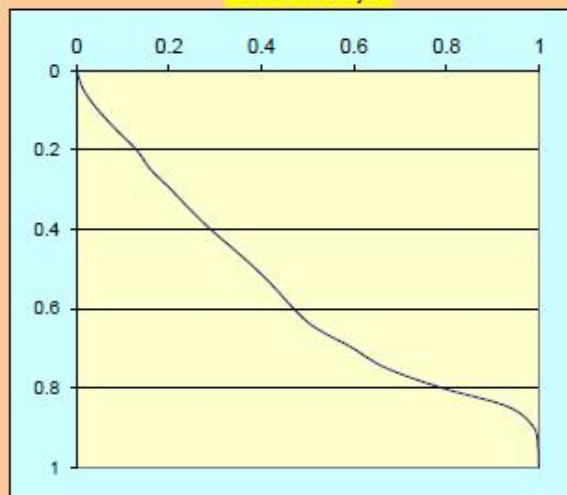


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

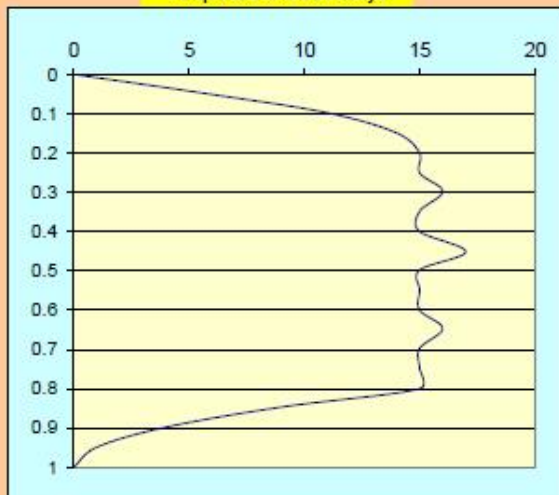
Rt1 =	19.1 μm	Ry =	23.2 μm	Sm =	259 μm
Rt2 =	23.2 μm	Rtm =	21.1 μm	S =	69 μm
Rt3 =	22.4 μm	Rv =	10.6 μm	DELQ =	11 deg
Rt4 =	19.3 μm	Rp =	12.9 μm	Rsk =	0.5
Rt5 =	21.9 μm	R3z =	17.6 μm	Rku =	2
Ra =	5.18 μm	Rpm =	12.6 μm		
Rq =	5.92 μm	R3y =	20.4 μm		



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



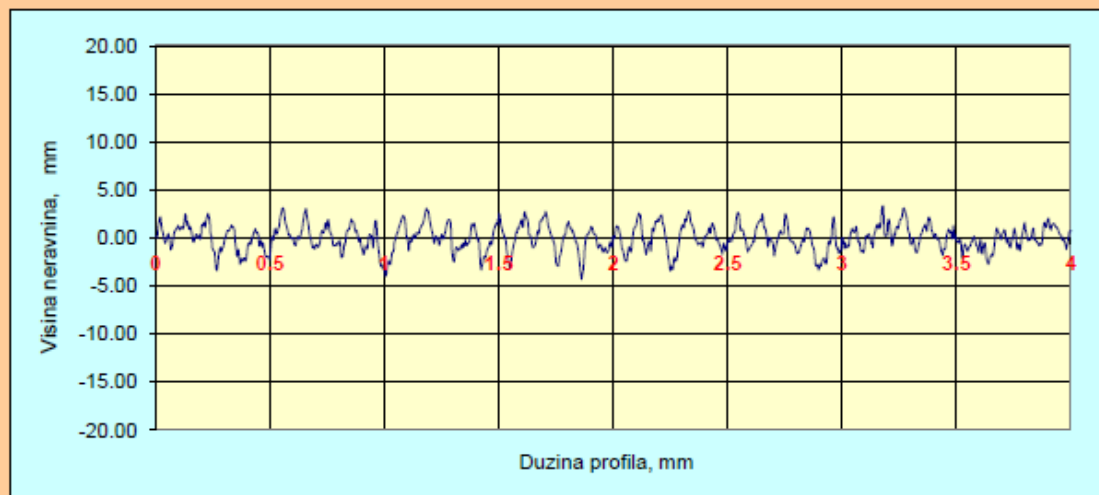
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

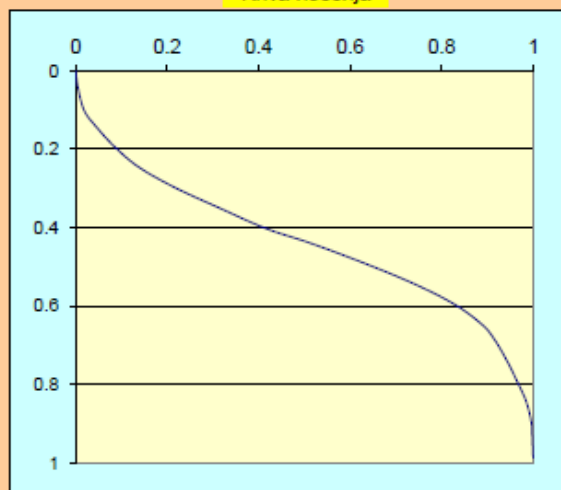


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

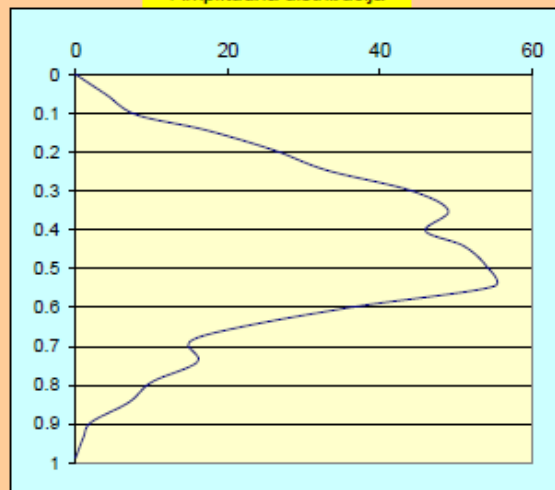
Rt1 = 6.5 µm	Ry = 7.1 µm	Sm = 76 µm
Rt2 = 7.1 µm	Rtm = 6.6 µm	S = 25 µm
Rt3 = 7.1 µm	Rv = 4.3 µm	DELQ = 7.4 deg
Rt4 = 6.7 µm	Rp = 3.4 µm	Rsk = -0.2
Rt5 = 5.9 µm	R3z = 5.2 µm	Rku = 2.9
Ra = 1.08 µm	Rpm = 3.1 µm	
Rq = 1.35 µm	R3y = 6 µm	



Kriva nošenja

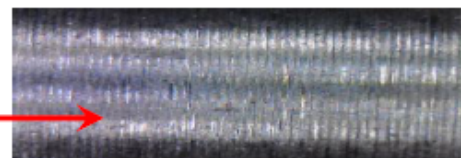
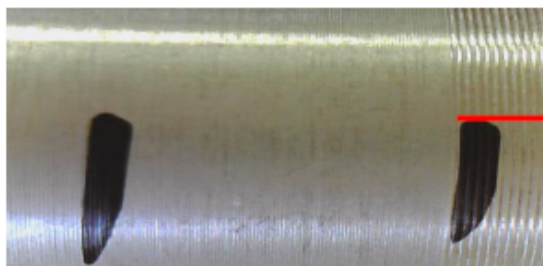


Amplitudna distribucija



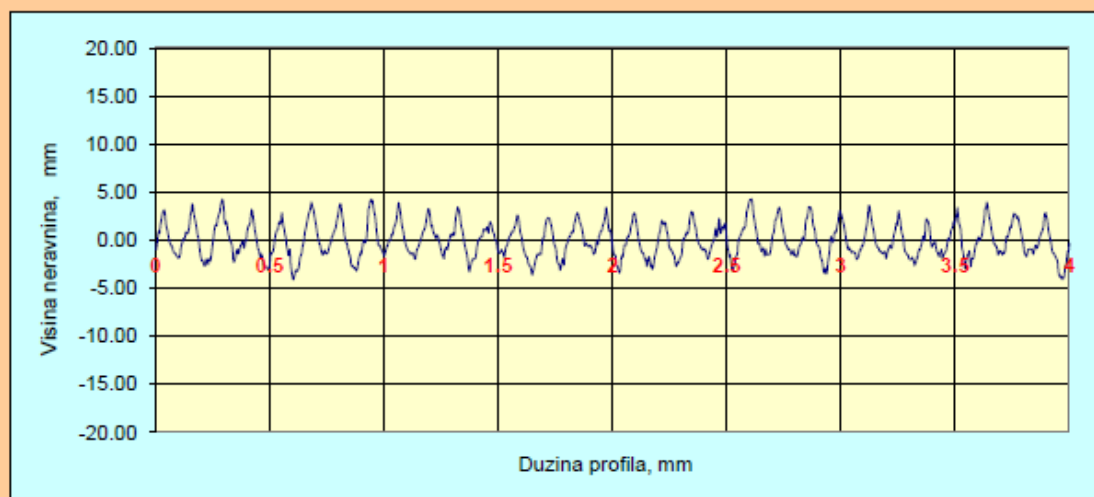
Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

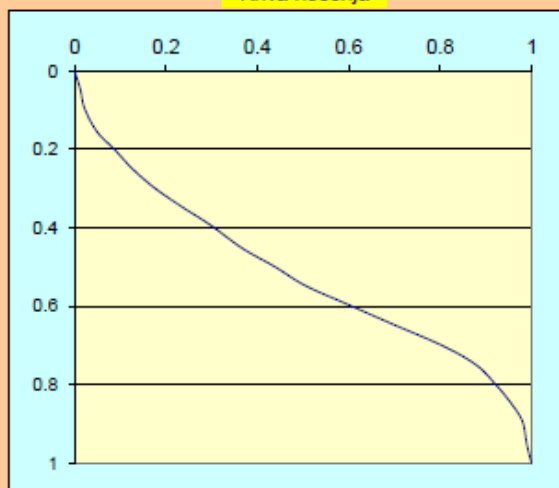


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

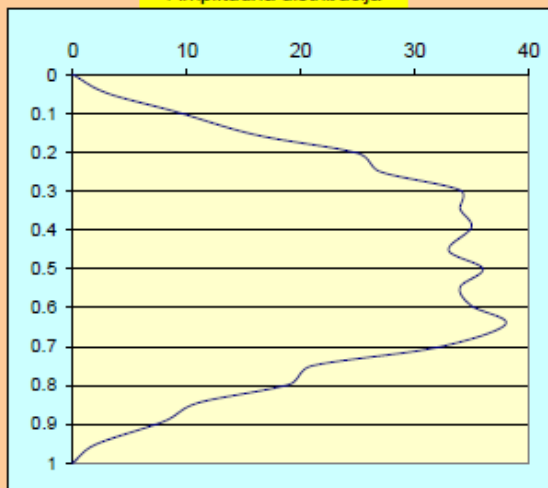
Rt1 = 8.3 μm	Ry = 8.3 μm	Sm = 121 μm
Rt2 = 7.5 μm	Rtm = 7.7 μm	S = 35 μm
Rt3 = 7 μm	Rv = 4.1 μm	DELQ = 7 deg
Rt4 = 7.8 μm	Rp = 4.3 μm	Rsk = 0.2
Rt5 = 8 μm	R3z = 6.6 μm	Rku = 2.4
Ra = 1.47 μm	Rpm = 4 μm	
Rq = 1.76 μm	R3y = 6.9 μm	



Kriva nošenja

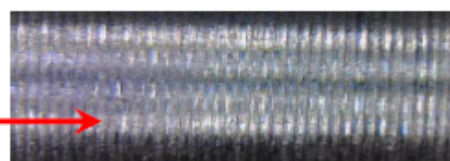


Amplitudna distribucija



Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

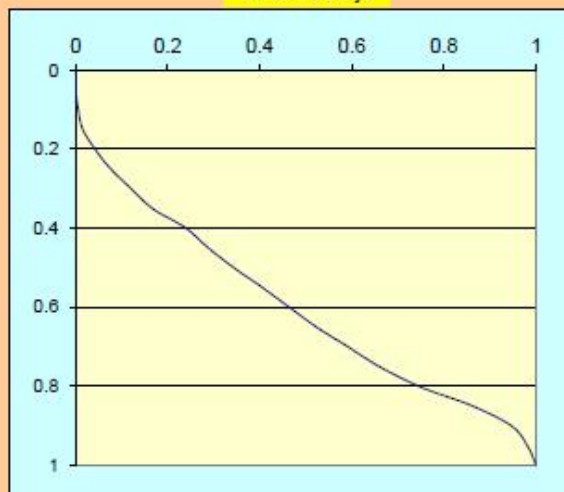


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

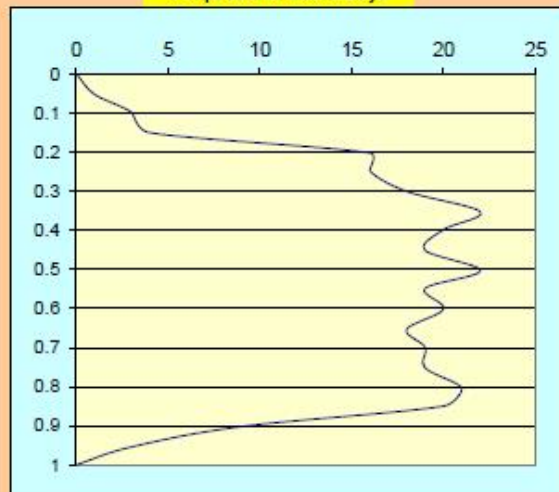
Rt1 = 13 µm	Ry = 15.3 µm	Sm = 190 µm
Rt2 = 12.5 µm	Rtm = 13.2 µm	S = 51 µm
Rt3 = 11.4 µm	Rv = 6.2 µm	DELQ = 8.5 deg
Rt4 = 13.8 µm	Rp = 9.1 µm	Rsk = 0.3
Rt5 = 15.3 µm	R3z = 11.4 µm	Rku = 2
Ra = 2.97 µm	Rpm = 7.8 µm	
Rq = 3.44 µm	R3y = 12.6 µm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

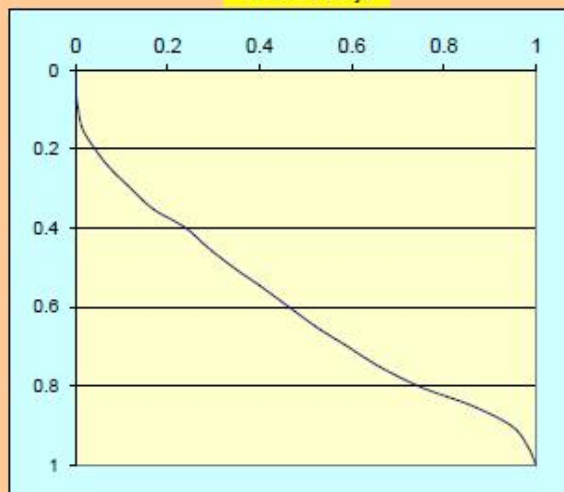


Talysurf-6: Uzorak Ø29mm

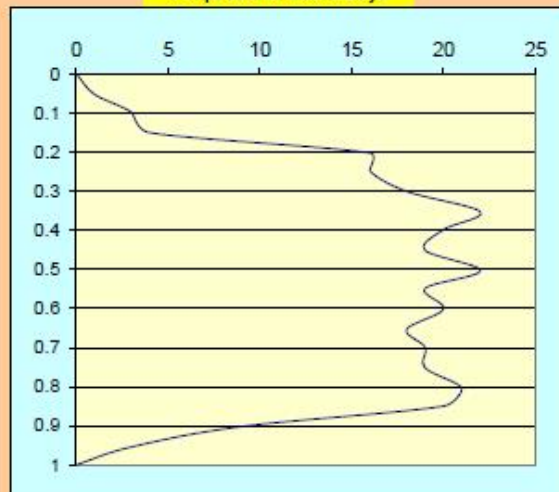
Rt1 = 13 µm	Ry = 15.3 µm	Sm = 190 µm
Rt2 = 12.5 µm	Rtm = 13.2 µm	S = 51 µm
Rt3 = 11.4 µm	Rv = 6.2 µm	DELQ = 8.5 deg
Rt4 = 13.8 µm	Rp = 9.1 µm	Rsk = 0.3
Rt5 = 15.3 µm	R3z = 11.4 µm	Rku = 2
Ra = 2.97 µm	Rpm = 7.8 µm	
Rq = 3.44 µm	R3y = 12.6 µm	



Kriva nošenja



Amplitudna distribucija



Filtriran profil 1150 tačaka

Autor: B. Nedić

