

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 20040684 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 20040684

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
B24D 3/00
B24D 3/10
B24D 3/18
B24D 3/32
B24D 5/06
B24D 18/00
B23F 21/03

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 14.11.2002

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 14.05.2004

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 14.05.2004

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 14.06.2019

(86) Kansainvälinen hakemus - 14.11.2002 PCT/US2002/036651
Internationell ansökan - International
application

(32) (33) (31) Etuokeus - Prioritet - Priority

21.11.2001 US 990647 P

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Saint-Gobain Abrasives, Inc, 1 new Street, box Number 15138, Worcester, MA 01615-01387, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Ramanath, Srinivasan, Holden, MA 01520, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

2 • Buljan, Sergej-Tomislav, Acton, MA 01720, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

3 • Wilson, Jason R., Ayer, MA 01432, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

4 • Ikeda, Jeri Ann S., Framingham, MA 01701, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Huokoinen hiomatyökalu ja menetelmä sen valmistamiseksi

Poröst slipverktyg och förfarande för framställning därav

(57) Tiivistelmä - Sammandrag - Abstract

Keksinnön kohteena on hiomatuote, jossa on noin 40 - noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta, tuotteen ollessa käyttökelpoinen segmentoidun hiomalaikan (100) segmenttinä (10), ja menetelmä sellaisen valmistamiseksi. Menetelmässä sekoitetaan hiomarakoiden, sideainemateriaalin ja hienojakoisten partikkelien seos, mainitun seoksen sisältäessä noin 40 - noin 80 tilavuusprosenttia hienojakoisia partikkeleita. Eräässä suoritusmuodossa seos sisältää noin 50 - 80 tilavuusprosenttia hienojakoisia partikkeleita. Eräässä toisessa suoritusmuodossa seos sisältää orgaanista sideainemateriaalia ja noin 40 - noin 80 tilavuusprosenttia hienojakoisia partikkeleita. Jauheseos puristetaan sitten hioma-aineella täytettyyn komposiittiin ja lämpökäsitellään. Jäähdyttämisen jälkeen komposiitti upotetaan liuottimeen, joka liuottaa olennaisesti kaikki hienojakoiset partikkelit jättäen jälkeensä erittäin huokoisen, yhteen liitetyn hiomatuotteen. (Kuvio 2A)

Uppfinning avser en slipprodukt som innehåller ca 40 - ca 80 volymprocent sammanbunden porositet, vilken produkt är användbar som ett segment (10) för en segmenterad slipskiva (100), och ett förfarande för framställning av densamma, i förfarandet blandas en blandning av slippartiklar, bindämneshämne och finfördelade partiklar, varvid nämnda blandning innehåller ca 40 - ca 80 volymprocent finfördelade partiklar. I en utföringsform innehåller blandningen ca 50 - ca 80 volymprocent finfördelade partiklar. I en annan utföringsform innehåller blandningen organiskt bindämneshämne och ca 40 - ca 80 volymprocent finfördelade partiklar. Pulverblandningen pressas sedan in i en med slipämne fylld komposit och värmebehandlas. Efter kylning sänks kompositen i ett lösningsmedel som upplöser väsentligen alla finfördelade partiklar och lämnar kvar en ytterst porös, sammanbunden slipprodukt.

Huokoinen hiomatyökalu ja menetelmä sen valmistamiseksi

(1) Keksinnön ala

Esillä oleva keksintö liittyy yleisesti hioma-aineisiin ja hiomatyökaluihin, jotka soveltuvat kovien ja/tai hauraiden materiaalien pintojen hiomiseen ja kiillottamiseen. Erityisesti esillä oleva keksintö liittyy erittäin huokoisiin, yhteen liitettyihin hiomatuotteisiin, joilla on yhdistetty huokosrakenne sekä menetelmiin niiden valmistamiseksi. Esillä olevan keksinnön mukaiset hioma-aineet ovat käytökelpoisia huipputehoisissa hiomaoperaatioissa, kuten esimerkiksi pii-, alumiinititaanikarbidi- ja piikarbidikiekkojen viimeistelyssä (*backgrinding*), joita käytetään tyypillisesti elektronisten komponenttien valmistuksessa.

(2) Taustatietoja

Huokoisten hioma-aineiden käyttö mekaanisten hiomaprosessien parantamiseksi on yleisesti hyvin tunnettua. Huokoset tarjoavat tyypillisesti pääsyn hiomanesteille, kuten esimerkiksi jäähdytysaineille ja voiteluaineille, joilla on taipumus edistää tehokkaampaa leikkaamista, minimoida metallurgista vahinkoa (esim. pinnan palamista) ja maksimoida työkalun käyttöikä. Huokoset mahdollistavat myös hiottavasta esineestä poistuvan materiaalin (esim. lastut tai hiomalastut) poistamisen, mikä on tärkeätä erityisesti kun hiottava esine on suhteellisen pehmeä tai kun pintaviimeistelyvaatimukset ovat korkeat (esim. kun viimeistellään piikiekkoja).

Aikaisemmat yritykset valmistaa hiomatuotteita ja/tai työkaluja, jotka sisältävät huokoisuutta, voidaan yleisesti lajitella yhteen kahdesta kategoriasta. Ensimmäisessä kategoriassa huokosrakenne muodostuu kun lisätään orgaanisia huokosia indusoivia aineita (kuten esimerkiksi jauhettuja saksanpähkinän kuoria) hiomatuotteeseen. Nämä aineet hajoavat termisesti poltettaessa jättäen jälkeensä onteloita tai huokosia kovettuneeseen hiomatyökaluun. Esimerkkejä tästä kategoriasta on esitetty US-patenteissa 5 221 294, Carmen et al., ja 5 429 648, Wu sekä japanilaisissa patenteissa A-91-161 273, Groth et al., A-91-281 174, Satoh et al. Toisessa kategoriassa huokosrakenne voi muodostua lisättäessä materiaaleja, joilla on suljetut solut, kuten esimerkiksi alumiinioksidikuplia, hiomatuotteeseen. Ks. esimerkiksi US-patentti 5 203 886, Sheldon et al.

Vaihtoehtoisen lähestymistavan mukaan Wu et al. kuvaavat US-patenteissa 5 738 696 ja 5 738 697, jotka kumpikin otetaan kokonaan mukaan tähän viitteeksi, hiomatuotteen ja menetelmän sen valmistamiseksi käsittäen kuitumaisia hiomarakeita, joiden pituus-halkaisija-muotosuhde on ainakin 5:1. Pit-

känomaisten hiomarakeiden huonot pakkausominaisuudet saivat aikaan hiomatuotteen, jolla oli lisääntynyt huokoisuus ja permeabiliteetti ja joka oli sopiva suhteellisen huipputehoiseen hiontaan.

Tarkkuuskomponenttien markkinakysynnän kasvettua tuotteissa, kuten esimerkiksi moottoreissa, tulenkestävissä laitteistoissa ja elektronisissa laitteissa (esim. pii- ja piikarbidikiekot, magneettipäät ja näyttöikkunoissa), on syntynyt kasvava tarve parannetuille työkaluille keramiikan ja muiden suhteellisen kovien ja/tai hauraiden materiaalien hienotarkkuushiontaan ja kiillottamiseen. Tunnetun tekniikan mukaiset hiomatyökalut eivät ole osoittautuneet täysin tyydyttäväksi yllä mainittuja tarpeita varten. Täten on olemassa tarve parannetuille hiomatuotteille ja hiomatyökaluille sekä erityisesti sellaisille, joilla on suhteellisen korkea huokoisuusaste.

Esillä olevan keksinnön eräs aspekti käsittää menetelmän hiomatuotteen valmistamiseksi. Menetelmä käsittää hiomarakeiden, sideaineen ja hienojakoisten partikkelien seoksen sekoittamisen, joka seos käsittää noin 0,5 – noin 25 tilavuusprosenttia hiomarakeita, noin 19,5 – noin 49,5 tilavuusprosenttia sideainetta ja noin 50 – noin 80 tilavuusprosenttia hienojakoisia partikkeleita. Menetelmä käsittää lisäksi seoksen puristamisen hioma-aineella täytettyyn komposiittiin, komposiitin lämpökäsittelyn ja komposiitin upottamisen liuottimeen ajanjaksoksi, joka on sopiva liuottamaan olennaisesti kaiken hienojakoisen aineen, jolloin hienojakoinen aine on liuottimeen liukeneva. Lisäksi hiomarae ja sideaine ovat olennaisesti liukenemattomia liuottimeen. Eräässä tämän aspektin variaatiossa sideaine sisältää noin 35 – noin 85 painoprosenttia kuparia, noin 15 – noin 65 painoprosenttia tinaa ja noin 0,2 – noin 1,0 painoprosenttia fosforia. Eräässä toisessa tämän aspektin variaatiossa hienojakoinen aine sisältää rakeista natriumkloridia ja liuotin sisältää kiehuvaa vettä.

Eräässä toisessa aspektissa tämä keksintö käsittää hiomasegmentin segmentoidulle hiomalaikalle. Hiomasegmentti käsittää komposiitin, joka sisältää useita superkovia hiomarakeita ja metallisen sideainematriisin, jotka on sintrattu yhteen noin 370 – noin 795 °C:n lämpötilassa, jolloin komposiitin sisällä on useita yhdistettyjä huokosia, ja komposiitissa on noin 0,5 – noin 25 tilavuusprosenttia hiomarakeita, noin 19,5 – noin 49,5 prosenttia metallista sideainetta ja noin 50 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta. Metallinen sideainematriisi käsittää noin 35 – noin 70 painoprosenttia kuparia, noin 30 – noin 65 painoprosenttia tinaa ja noin 0,2 – noin 1,0 painoprosenttia fosforia. Useat superkovat hiomarakeet on valittu joukosta, jonka muodostavat timantti ja kuutiohilalli-

nen boorinitridi, jolloin superkovien hiomaraakeiden keskimääräinen partikkelikoko on vähemmän kuin noin 300 mikronia.

Vielä eräässä toisessa aspektissa tämä keksintö käsittää segmentoidun hiomalaikan. Hiomalaikka käsittää ytimen, jonka alin ominaislujuus on 2,4 MPa-cm³/g, ytimen tiheys 0,5 – 8,0 g/cm³ ja jolla on ympyränmuotoinen ulkoreunus. Hiomalaikka käsittää lisäksi hiomakehän, joka käsittää useita segmenttejä, jolloin kukin segmentti käsittää komposiitin, jossa on useita hiomaraakeita ja metallinen sideainematriisi, jotka on sintrattu yhteen noin 370 – noin 795 °C:n lämpötilassa, jolloin komposiitin sisällä on useita yhdistettyjä huokosia, ja komposiitissa on noin 50 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta. Hiomalaikka käsittää lisäksi termisesti stabiilin sidoksen mainitun ytimen ja kunkin mainitun usean segmentin välissä.

Edelleen eräässä toisessa aspektissa tämä keksintö käsittää menetelmän hiomatuotteen valmistamiseksi, jolla on noin 40 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta. Menetelmä käsittää hiomaraakeiden, orgaanisen tai muun ei-metallisen sideainemateriaalin ja hienojakoisten partikkelien seoksen sekoittamisen, jolloin seos käsittää noin 0,5 – noin 25 tilavuusprosenttia hiomaraakeita, noin 19,5 – noin 65 tilavuusprosenttia orgaanista sideainemateriaalia ja noin 40 – noin 80 tilavuusprosenttia hienojakoisia partikkeleita. Menetelmä käsittää lisäksi seoksen puristamisen hioma-aineella täytettyyn komposiittiin, komposiitin lämpökäsittelyn ja komposiitin upottamisen liuottimeen ajanjaksoksi, joka on sopiva liuottamaan olennaisesti kaiken hienojakoisen aineen, jolloin hienojakoinen aine on liuottimeen liukeneva. Tämän aspektin variaatiossa hienojakoinen aine sisältää rakeista sokeria ja liuotin sisältää kiehuvaa vettä.

Vielä eräässä aspektissa tämä keksintö käsittää hiomasegmentin segmentoidulle hiomalaikalle. Hiomasegmentti käsittää komposiitin, joka sisältää useita superkovia hiomaraakeita ja ei-metallisen sideainematriisin, jotka on kovetettu yhteen, jolloin komposiitissa on useita yhdistettyjä huokosia sen sisällä ja se sisältää noin 0,5 – noin 25 tilavuusprosenttia hiomaraakeita, noin 19,5 – noin 65 prosenttia ei-metallista sideainetta ja noin 40 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta. Useat superkovat hiomaraakeet on valittu joukosta, jonka muodostavat timantti ja kuutiohilainen boorinitridi, jolloin superkovien hiomaraakeiden keskimääräinen partikkelikoko on vähemmän kuin noin 300 mikronia.

Edelleen eräässä aspektissa tämä keksintö käsittää segmentoidun hiomalaikan. Hiomalaikka käsittää ytimen, jonka alin ominaislujuus on 2,4 MPa-cm³/g, ytimen tiheys 0,5 – 8,0 g/cm³ ja jolla on ympyränmuotoinen ul-

koreunus. Hiomalaikka käsittää lisäksi hiomakehän, joka käsittää useita segmenttejä, jolloin kukin segmentti käsittää komposiitin, jossa on useita hiomara-
keita ja ei-metallinen sideainematriisi, jotka on kovetettu yhteen, jolloin kompo-
siitin sisällä on useita yhdistettyjä huokosia ja se sisältää noin 40 – noin 80 ti-
lavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta. Hiomalaikka käsittää lisäksi termisesti
5 stabiilin sideaineen mainitun ytimen ja kunkin mainitun usean segmentin välissä.

Kuvio 1 on kaavamainen esitys eräästä tämän keksinnön mukaisen
hiomasegmentin suoritusmuodosta; ja

Kuvio 2A on osittainen kaavamainen esitys hiomalaikan suoritusmuo-
10 dosta, jossa on kuusitoista kuvion 1 mukaista hiomasegmenttiä;

Kuvio 2B on poikkileikkaus kuvion 2A linjaa "A" – "A" pitkin; ja

Kuvio 2C on osittainen suurennos, joka esittää kuvion 2B osuutta 110.

Esillä oleva keksintö käsittää huokoisen hiomatuotteen, joka voi olla
käyttökelpoinen tarkkuushionnassa, kiillottamisessa tai leikkaamisessa. Eräs
15 esimerkki esillä olevan keksinnön mukaisesta hiomalaikasta on hiomasegmentti
10 segmentoitua hiomalaikkaa 100 varten (ks. esimerkiksi kuvat 1 ja 2, jotka se-
litetään yksityiskohtaisemmin jäljempänä esimerkin 1 suhteen). Tämän keksin-
nön mukaisen hiomatuotteen eräs suoritusmuoto käsittää noin 50 – noin 80 tila-
vuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta. Tämän keksinnön mukaisen hiomatuot-
teen toinen suoritusmuoto käsittää ei-metallisen sideaineen, kuten orgaanisen
20 sideainemateriaalin (esim. fenolihartsin), ja noin 40 – noin 80 tilavuusprosenttia
yhdistettyä huokoisuutta. Tämä keksintö käsittää myös menetelmän huokoisten
hiomatuotteiden valmistamiseksi. Hiomalaikat (esim. hiomalaikka 100), jotka kä-
sittävät yhden tai useamman tämän keksinnön mukaisen hiomatuotteen (esim.
25 segmentin 10), ovat mahdollisesti edullisia kovien ja/tai hauraiden materiaalien,
kuten esimerkiksi piikiekkojen, piikarbidin, alumiinititaanikarbidin ja vastaavien
peilikiillotushiomiseen. Nämä hiomalaikat voivat lisäksi olla edullisia siten, että
ne voivat eliminoida hiomalaikan hiomapinnan tasoitustarpeen (tai muun käsitte-
lytarpeen) yllämainittujen materiaalien peilikiillotushionnassa. Tämän keksinnön
30 muut mahdolliset edut selviävät seuraavasta kuvauksesta ja esimerkeistä.

Esillä olevan keksinnön eräs aspekti oli tavanomaisen näkemyksen
(ks. esimerkiksi japanilainen patentti 60-118 469, Ishihara) vastainen oivaltami-
nen, että yli 50 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta sisältävät ja erityi-
sesti noin 50 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta sisältävät hio-
35 matuotteet voivat aikaansaada paremman hiomatuloksen kovien ja/tai huokois-
ten materiaalien hionnassa ilman että olennaisesti huononnetaan hiomatuotteen

mekaanista integriteettiä. Tämän keksinnön mukaisten hiomatuotteiden suoritustuodot käsittävät vähintään 50 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta ja tehokkaita määriä ainakin yhtä hiomaraetta ja sideainemateriaalia. Hiomatuotteet voivat lisäksi mahdollisesti käsittää täyteaineita, voiteluaineita ja muita ammattimiehen tuntemia komponentteja. Nämä hiomatuotteet sisältävät edullisesti noin 50 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta ja edullisimmin noin 50 – noin 70 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta.

Olennaisesti mitä tahansa hiomaraetta voidaan käyttää tämän keksinnön mukaisissa hiomatuotteissa. Tavanomaiset hioma-aineet voivat sisältää, niihin rajoittumatta, alumiinioksidia, piitä, piikarbidia, zirkoniumalumiinioksidia, granaattia ja smirgeliä, joiden raekoko vaihtelee noin 0,5 ja noin 5 000 mikronin välillä, edullisesti 2 ja 300 mikronin välillä. Superkovia hiomarakeita, joihin kuuluu, niihin rajoittumatta, timantti ja kuutiohilainen boorinitridi (CBN), joissa on tai ei ole metallipäällistys, joilla on olennaisesti sama raekoko kuin tavanomaisilla rakeilla, voidaan myös käyttää. Hiomarakeen koon ja tyypin valinta vaihtelee tyyppillisesti työkappaleen luonteen ja hiomaproessin tyypin mukaan. Hienohionnassa (ts. 'peilikiillotus') superkovilla hiontarakeilla on pienempi partikkelikoko, edullisesti vaihdellen esimerkiksi noin 0,5 ja noin 120 mikronin välillä tai jopa noin 0,5 ja noin 75 mikronin välillä. Yleensä pienemmät (ts. hienommat) raekoot ovat edullisia hienohionta- ja pintakäsittely/kiillottamisoperaatioita varten, kun taas suuremmat (ts. karkeammat) raekoot ovat edullisia muotoiluun, ohentamiseen ja muihin operaatioihin, joissa on tarpeen poistaa suhteellisen suuria materiaalmääriä.

Olennaisesti mitä tahansa yhteen liitettyjen hiomatuotteiden valmistuksessa yleisesti käytetyn tyyppistä sideainemateriaalia voidaan käyttää tämän keksinnön mukaisissa hiomatuotteissa matriisimateriaalina. Esimerkiksi metallista, orgaanista, hartsista tai lasiintunutta sideainetta (tarvittaessa yhdessä sopivien kovetinaineiden kanssa) voidaan käyttää, metallisen sideaineen ollessa yleisesti edullinen. Metallinen sideaine, jonka murtolujuus vaihtelee välillä noin 1,0 ja noin 6,0 MPa·m^{1/2}, on yleisesti edullinen, noin 1,0 ja noin 3,0 MPa·m^{1/2} välillä vaihtelevan murtolujuuden ollessa edullinen. Lisää yksityiskohtia murtolujuudesta on saatavilla US-patenteissa 6 093 092 ja 6 102 789, Ramanath et al., jotka otetaan kokonaisuudessaan mukaan tähän viitteeksi ja joihin tästä eteenpäin viitataan nimellä Ramanath-patentit.

Materiaaleihin, jotka ovat käyttökelpoisia metallisessa sideainematriisissa, kuuluu, niihin rajoittumatta, pronssi, kupari ja sinkkiseokset (esim. mes-

sinki), koboltti, rauta, nikkeli, hopea, alumiini, indium, antimoni, titaani, zirkonium sekä niiden seokset sekä niiden sekoitukset. Kuparin ja tinan seoksen on havaittu olevan yleisesti suotuisa metallisideainematriisikoostumus. Koostumukset, joissa on noin 35 – noin 85 painoprosenttia kuparia ja noin 15 – noin 65 painoprosenttia tinaa voivat olla sopivia tämän keksinnön mukaisissa hiomatuotteissa. Koostumukset, joissa on noin 35 – noin 70 painoprosenttia kuparia, noin 30 – noin 65 painoprosenttia tinaa ja mahdollisesti noin 0,2 – noin 1,0 painoprosenttia fosforia (kuten esimerkiksi fosforikupariseos) ovat edullisia. Näitä sideainemateriaaleja voidaan valinnaisesti käyttää titaanin tai titaanihydridin, kromin tai muiden tunnettujen reaktiivisten superkovien hioma-aineiden kanssa, jotka kykenevät muodostaman kemiallisen karbidi- tai nitridisidoksen rakeen ja sideaineen välille superkovan hiomarakeen pinnalle valituissa sintrausolosuhteissa rae/sideainepilarien vahvistamiseksi. Voimakkaammat rae/sideaineyhteisvaikutukset vähentävät yleisesti rakeen 'ulosvetoa' ('pullout'), jolla on taipumus vahingoittaa työkappaletta ja lyhentää työkalun käyttöikää.

Esimerkki sopivasta orgaanisesta sideaineesta on lämpökovettuva hartsi, mutta muita hartsityyppejä voidaan käyttää. Hartsi on edullisesti joko epoksihartsi tai fenolihartsi ja sitä voidaan käyttää nestemäisessä tai jauhemuodossa. Erityisiä esimerkkejä sopivista lämpökovettuvista hartseista ovat fenolihartsit (esim. novolakka ja resoli), epoksi, tyydyttämätön polyesteri, bismaleimidi, polyimidi, syanaattiesteri, melamiinit ja vastaavat.

Tämän keksinnön mukaisten hiomatuotteiden suoritusmuodot sisältävät noin 50 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta, jossa keskimääräinen huokoskoko vaihtelee välillä noin 25 – noin 500 mikronia. Yhdistetty huokoisuus muodostuu valmistuksen aikana lisäämällä riittävä määrä hienojakoisia partikkeleita hiomarakeeseen ja sideaineseokseen sen varmistamiseksi, että suhteellisen suuri prosentti hienojakoisia partikkeleita on yhteydessä toisiin hienojakoisiin partikkeleihin muottiin valetussa hiomatuotteessa (sintrausta ennen ja sen jälkeen).

Eräs suotuisa huokoinen suoritusmuoto sisältää noin 0,5 – noin 25 tilavuusprosenttia superkovaa hioma-ainetta ja noin 30,5 – 49,5 tilavuusprosenttia metallista sideainematriisia, jotka on sintrattu yhteen lämpötilassa, joka vaihtelee välillä noin 370 – noin 795 °C paineessa, joka vaihtelee välillä noin 20 – noin 33 MPa. Metallinen sideainematriisi sisältää noin 35 – noin 70 painoprosenttia kuparia, noin 30 – noin 65 painoprosenttia tinaa ja noin 0,2 – noin 1,0 painoprosenttia fosforia. Superkova hioma-aine sisältää timanttia, jonka partik-

kelikoko vaihtelee välillä noin 0,5 – noin 300 mikronia (ja erityisissä suoritusmuodoissa välillä noin 0,5 – noin 75 mikronia).

Muut suotuisat huokoiset sovellusmuodot sisältävät noin 40 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta, jossa keskimääräinen huokoskoko vaihtelee välillä noin 150 – noin 500 mikronia. Nämä suoritusmuodot sisältävät lisäksi noin 0,5 – noin 25 tilavuusprosenttia superkovaa hioma-ainetta ja noin 19,5 – noin 65 tilavuusprosenttia orgaanista sideainetta, jotka on kovetettu yhteen lämpötiloissa, jotka vaihtelevat välillä noin 100 – noin 200 °C (tai 400 – noin 450 °C polyimidihartsien kohdalla) paineissa, jotka vaihtelevat välillä noin 20 – noin 33 MPa. (Hienojakoisia aineita, joilla on neulamainen muoto, esim. joiden sivusuhte on $>$ tai $= 2:1$, voidaan suotuisasti käyttää saavuttamaan noin 40 – 50 tilavuusprosentin yhdistetty huokoisuus.) Tämän keksinnön hiomatuotteet voidaan valmistaa käyttäen tavanomaisia jauhemetallurgia/polymeerivalmistusprosesseja. Hioma-aine, sideaine sekä kooltaan ja koostumukseltaan sopivat hienojakoiset jauheet sekoitetaan hyvin, puristetaan muottiin sopivaan muotoon ja sintrataan/kovetetaan suhteellisen korkeassa lämpötilassa ja paineessa suhteellisen tiheään komposiitin saamiseksi, jonka tiheys on edullisesti ainakin 95 % teoreettisesta tiheydestä (ja tyypillisesti noin 98 – 99 % teoreettisesta tiheydestä). Metallista sideainematriisia sisältäviä hiomatuotteita varten jauheet tyypillisesti sintrataan noin 370 ja noin 795 °C:n välillä sekä paineessa, joka vaihtelee välillä noin 20 – noin 33 MPa. Eräässä suoritusmuodossa jauheseos kuumennetaan esimerkiksi ensin 401 °C:een 20 minuutin ajan. Jauheet sintrataan sitten 401 °C:n lämpötilassa ja 22,1 MPa:n paineessa 10 minuutin ajan. Jäähdyttämisen jälkeen hioma-aineella täytetyt komposiitit, mukaan lukien hienojakoiset aineet, jotka ovat olennaisesti yhteydessä toisiinsa, upotetaan liuottimeen hienojakoisten aineiden valikoivaksi poistamiseksi (eli liuottamiseksi). Näin muodostuneen hiomatuotteen rakenne on vaahtomainen käsittäen hioma-aineen ja sideainematriisin seoksen ja sillä on tehokkaasti satunnaisesti jakautuneiden toisiinsa yhdistettyjen huokosten verkosto (eli sulkeumia, joista hienojakoinen aine liuotettiin).

Olennaisesti mitä tahansa hienojakoista ainetta voidaan käyttää, joka helposti liukenee liuottimeen, kuten esimerkiksi veteen, alkoholiin, asetoniin ja vastaavaan. Yleensä on edullista käyttää hienojakoisia aineita, jotka liukenevat veteen, kuten esimerkiksi natriumkloridi, kaliumkloridi, magnesiumkloridi, kalsiumkloridi, natriumsilikaatti, natriumkarbonaatti, natriumsulfaatti, kaliumsulfaatti, magnesiumsulfaatti ja vastaavat, ja niiden seoksia. Joissain hiontasovelluksissa (ku-

ten esimerkiksi piikiekot ja muut elektroniset komponentit) voivat ionittomien (eli suolattomien) hienojakoisten aineiden, kuten esimerkiksi sokeri, dekstriini, polysakkaridiligomeerit, käyttö voi olla edullista. Edullisimpia ovat hienojakoiset aineet, jotka ovat suhteellisen hyvin liukenevia veteen ja joiden liukenemiskineetikka on suhteellisen nopea, kuten esimerkiksi natriumkloridi tai sokeri. Edullisilla hienojakoisilla aineilla voi myös olla suhteellisen korkea sulamispiste (mp) sint-rausprosessin kestämiseksi. Esimerkiksi natriumkloridin sulamispiste on noin 800 °C. Niiden hiomatuotteiden yhteydessä, jotka vaativat hyvin korkeita sint-rauslämpötiloja, voidaan käyttää hienojakoisia aineita, kuten esimerkiksi natriumaluminiumsiliikaatti (mp 1 650 °C), magnesiumsulfaatti (mp 1 124 °C), kaliumfosfaatti (mp 1 340 °C), kaliumsiliikaatti (mp 976 °C), natriummetasiliikaatti (mp 1 088 °C) ja niiden seokset.

Hienojakoisten aineiden partikkelikoko vaihtelee tyypillisesti välillä noin 25 – noin 500 mikronia. Eräässä edullisessa sovellusmuodossa hienojakoisten aineiden partikkelikokojakautuma on noin 74 – noin 210 mikronia (eli ne sisältävät hienojakoisia partikkeleita, jotka ovat hienompia kuin US-mesh (Standard Sieve) 70 ja karkeampia kuin US-mesh 200). Toisessa edullisessa suoritusmuodossa hienojakoisten aineiden partikkelikokojakautuma on noin 210 – noin 300 mikronia (eli ne sisältävät hienojakoisia partikkeleita, jotka ovat hienompia kuin US-mesh 50 ja karkeampia kuin US-mesh 70). Vielä eräässä edullisessa sovellusmuodossa, jossa sokeria käytetään hienojakoisena aineena, voidaan käyttää partikkelikokojakaumia, jotka vaihtelevat välillä 150 – noin 500 mikronia (eli ne sisältävät hienojakoisia partikkeleita, jotka ovat hienompia kuin US-mesh 35 ja karkeampia kuin US-mesh 100).

Yllä kuvattuja hiomatuotteita voidaan käyttää olennaisesti minkä tahansa tyyppisen hiomatyökalun valmistamiseen. Yleisesti edulliset työkalut käsittävät pintahiomalaikat (esim. hiomalaikat ANSI Type 2A2T tai Type 2A2TS ja hiomalaikat Type 1A ja 1A1) samoin kuin kuppilaikat (esim. laikat ANSI Type 2 tai Type 6 tai kellonmuotoiset kuppilaikat Type 119V). Hiomalaikat voivat käsittää ytimen (esim. ydin 20 kuvioissa 2A – 2C), joilla on keskusporausreikä laikan asentamiseksi hiomakoneeseen, jolloin ydin on suunniteltu tukemaan huokoista sen ulkoreunuksen ympärille asetettua hiomakehää (ks. esimerkiksi hiomalaikka 100 kuviossa 2A, jota kuvataan yksityiskohtaisemmin jäljempänä viitaten esimerkkiin 1). Näitä laikan kahta osaa pitää tyypillisesti yhdessä liimaliitos, joka on termisesti stabiili hiontaolosuhteissa, ja laikka sekä sen komponentit on suunnit-

teltu kestäämään rasituksia, jotka muodostuvat laikan jopa ainakin 80 m/sekunnin ja edullisesti aina 160 m/sekunnin kehänopeuksilla.

Eräässä suoritusmuodossa ydin on muodoltaan olennaisesti ympyränmuotoinen. Ydin voi käsittää olennaisesti mitä tahansa materiaalia, jonka alin ominaislujuus on 2,4 MPa-cm³/g ja edullisemmin välillä noin 40 – noin 185 MPa-cm³/g. Ytimen materiaalin tiheys on 0,5 – 8,0 g/cm³ ja edullisesti välillä noin 2,0 – noin 8,0 g/cm³. Esimerkkejä sopivista materiaaleista ovat teräs, alumiini, titaani, pronssi, niiden komposiitit ja seokset sekä niiden yhdistelmät. Ytimen rakentamiseen voidaan myös käyttää lujitemuoveja, joilla on nimetty alin ominaislujuus. Komposiitit ja lujitetut ydinmateriaalit käsittävät tyypillisesti metallin tai muovimatriisien jatkuvan faasin, joka on usein alun perin jauhemuodossa, johon lisätään kovemman, joustavamman ja/tai vähemmän tiheän materiaalin kuituja tai rakeita tai partikkeleita epäjatkovana faasina. Tämän keksinnön työkalun sydämeen käytettäväksi sopivia lujitettuja materiaaleja ovat esimerkiksi lasikuitu, hiilikuitu, aramidikuitu, keraaminen kuitu, keraamiset partikkelit ja rakeet sekä ontot täyteaineet, kuten esimerkiksi lasi-, mulliitti-, alumiinioksid- ja Z-valopallot. Yleisesti edullisia metallisia ydinmateriaaleja ovat esimerkiksi ANSI 4140 -teräs ja alumiiniseokset, 2024, 6065 ja 7178. Lisää yksityiskohtia sopivista ydinmateriaaleista, niiden ominaisuuksista ja vastaavasta on löydettävistä Ramanath-patenteista.

Hiomalaikka (esim. kuviossa 2A esitetty hiomalaikka 100) voidaan valmistaa muodostamalla ensin yksittäiset segmentit, joilla on ennakkoon valitut dimensiot, koostumus ja huokoisuus, kuten yllä on kuvattu (ks. esimerkiksi kuviossa 1 esitetty segmentti 10, jota kuvataan yksityiskohtaisemmin jäljempänä viitaten esimerkkiin 1). Hiomalaikat voidaan valaa muottiin ja sintrata, polttaa tai kovettaa useilla tekniikan tason prosesseilla. Näihin prosesseihin kuuluvat kuuma-puristus (noin 14 – 28 MPa:n paineessa), kylmäpuristus (noin 400 – 500 MPa:n tai sitä suuremmassa paineessa) sekä kuuma muottiinpuristus teräsmuotissa (noin 90 – 110 MPa:n paineessa). Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että kylmäpuristus (ja vähemmässä määrin kuuma muottiinpuristus) ovat käyttökelpoisia vain hienojakoisille partikkeleille, joilla on korkea puristuslujuus (eli puristusestisyys). Metallisille sideainehiomatuotteille kuuma-puristus (noin 350 – 500 °C:ssa ja 22 MPa:ssa) on edullinen. Orgaanisille sideainehiomatuotteille, joissa käytetään sokeria sisältävää hienojakoista ainetta, kylmä tai "lämmin" puristus (alle noin 160 °C:n lämpötiloissa) voi olla edullista. Lisää yksityiskohtia

puristuksesta ja termisistä prosessointitekniikoista löytyy US-patentista 5 827 337, joka otetaan kokonaisuudessaan tähän mukaan viitteenä.

Puristuksen, termisen prosessoinnin ja liuottimeen upottamisen jälkeen segmentit tyypillisesti viimeistellään tavanomaisilla tekniikoilla, kuten esimerkiksi hiomalla tai leikkaamalla käyttäen keramiikkahiomalaikkoja tai karbidikatkaisulaikkoja hiomakehäsegmentin muodostamiseksi, jolla on halutut dimensiot ja toleranssit. Segmentit voidaan sen jälkeen kiinnittää ytimen ulkoreunukselle sopivalla kiinnitysaineella (ks. esimerkiksi kuvat 2A – 2C, joita kuvataan myös jäljempänä). Edullisiin kiinnitysaineisiin kuuluvat 353-NDT-epoksihartsi (EPO-TEK, Billerica, MA) painosuhteessa 10:1 hartsi:kovettaja sekä Technodyne® HT-18-epoksihartsi (toimittaja Taoka Chemicals, Japani) sekä sen modifioitu amiinikovatusta sekoitettuna suhteessa noin 100 paino-osaa hartsia noin 19 paino-osaan kovettajaa. Lisää yksityiskohtia kiinnitysaineista, niiden ominaisuuksista ja niiden soveltamisesta metallisideainehiomalaikkoihin on löydettävissä Ramanath-patenteista.

Vaihtoehtoisessa hiomalaikkojen valmistusmenetelmässä muodostetaan segmenttien prekursoriyksiköjä hioma-aineen, sideaineen ja hienojakoisen aineen jauhaseoksesta, valetaan segmenttiyksiköt ytimen ulkoreunuksen ympärille ja käytetään lämpöä ja painetta segmenttien muodostamiseksi ja kiinnittämiseksi *in situ* (eli sintraamalla ydin ja ulkoreunus yhdessä). Yhdessä sint-rauksen jälkeen hiomalaikka upotetaan valittuun liuottimeen hienojakoisten aineiden liuottamiseksi ulkoreunukselta, mistä on seurauksena erittäin huokoinen hiomakehä (kuten edellä on kuvattu). Tässä vaihtoehtoisessa prosessissa voi olla edullista käyttää hienojakoisia aineita, jotka eivät sisällä kloridi-ioneja (esim. natriumkloridia) siinä tapauksessa että ydinmateriaali sisältää alumiinia tai alumiiniseosta (esim. seos 7075), sillä alumiiniseokset voivat syöpyä kloridi-ionien läsnä ollessa.

Tämän keksinnön mukaiset hiomatuotteet ja -työkalut (esim. hiomalaikka 100, joka on esitetty kuviossa 2A ja jota kuvataan yksityiskohtaisemmin jäljempänä) ovat edullisia keraamisten materiaalien hiontaan, mukaan lukien useat oksidit, karbidit, nitridit ja silisidit, kuten esimerkiksi piinitridi, piidioksidi ja piioksinitridi, stabiloitu zirkoniumoksidi, aluminiumoksidi (esim. safiiri), boorikarbidit, boorinitridi, titaanidiboridi ja alumiininitridi sekä näiden keraamisten aineiden komposiitit sekä tietyt metallimatriisikomposiitit, kuten esimerkiksi kovametallit, monikiteinen timantti sekä monikiteinen kuutiohilainen boorinitridi. Näillä hiomatyökaluilla voi hioa joko yksikiteisiä tai monikiteisiä keraamisia aineita.

Lisäksi tämän keksinnön mukaiset hiomatuotteet ja -työkalut sopivat erityisen hyvin sellaisten materiaalien hiontaan, joita käytetään elektroniikkasovelluksissa, kuten esimerkiksi piikiekot (käytetään puolijohteiden valmistuksessa), alumiinititaanikarbidi (käytetään magneettipäiden valmistuksessa) ja muut alustamateriaalit.

Esillä olevan keksinnön eri aspektien yllä kuvatut modifikaatiot ovat pelkästään esimerkinomaisia. On ymmärrettävä, että ammattimiehelle ovat ilmeisiä kuvattujen suoritusmuotojen muut modifikaatiot. Kaikki tällaiset modifikaatiot ja variaatiot kuuluvat esillä olevan keksinnön suojapiiriin ja henkeen siten, kuin on määritelty oheisissa patenttivaatimuksissa.

Seuraavat esimerkit pelkästään havainnollistavat tämän keksinnön tuotteiden ja menetelmien eri suoritusmuotoja. Tämän keksinnön suojapiiriä ei ole tarkoitus katsoa tässä kuvattujen erityisten suoritusmuotojen rajoittamaksi, vaan mieluumminkin jäljempänä olevien patenttivaatimusten määrittelemäksi. Ellei muuta ole ilmoitettu, kaikki osat ja prosentit esimerkeissä ovat painon mukaisia.

Esimerkki 1

Tämän keksinnön periaatteiden mukaisia hiomalaikkoja 100 varmistettiin muodossa Type 2A2TS metallisitoisten timanttilaikkojen muodossa käyttäen alla kuvattuja materiaaleja ja prosesseja.

Jauhemainen metalliseos (joka kuvataan jäljempänä) ja jodaamaton pöytäsuola (toimittaja Shaw's, Inc., Worcester, MA) sekoitettiin painosuhteessa 65:35 metalliseosta:pöytäsuolaa, joka vastaa tilavuussuhdetta 31,56:68,44 metalliseosta:pöytäsuolaa. Pöytäsuola (enimmäkseen natriumkloridia) hienonnettiin Spex™-myllyssä (valmistaja SPEX Company, Metuchen, NJ) ja siivilöitiin noin 74 – noin 210 mikronin partikkelikokojakautuman saamiseksi (eli karkeampi kuin 200 US-mesh ja hienempi kuin 70 US-mesh).

Jauhemainen metalliseos sisälsi seoksen, jossa oli 43,74 painoprosenttia kuparijauhetta (Dendritic FS -laatu, partikkelikoko -325 mesh, toimittaja Sintertech International Marketing Corp., Ghent, NY), 6,24 painoprosenttia fosfori/kuparijauhetta (laatu 1501, partikkelikoko -325 mesh, toimittaja New Jersey Zinc Company, Palmerton, PA) ja 50,02 painoprosenttia tinajauhetta (laatu MD115, partikkelikoko -100/+325 mesh, 0,5 % maksimi, toimittaja Alcan Metal Powders, Inc., Elizabeth, NJ).

Hienoa timanttihiomajauhetta, partikkelikokojakautuma noin 3 – noin 6 mikronia, lisättiin metalliseos/pöytäsuolaseokseen (2,67 grammaa timanttia lisättiin 61,29 grammaan metalliseos/pöytäsuolaseosta) ja yhdistelmä sekoitettiin

huolellisesti käyttäen Turbula™-sekoitinta (valmistaja Glen Mills, Inc., Clifton NJ) kunnes se oli tasaisesti sekoittunut. Saatua seos sisälsi noin 5 tilavuusprosenttia timanttia, noin 30 tilavuusprosenttia metallista sideainematriisia ja noin 65 painoprosenttia pöytäsuolaa. Kolme tippaa mineraalitärpättä DL 42™ (toimittaja Worcester Chemical, Worcester, MA) lisättiin seokseen ennen sekoittamista edistämään ainesosien erottumisen estämistä. Seos eroteltiin sitten 16 yhtä suureen osuuteen (kukin vastasi yhtä 16:sta hiomalaikassa 100 käytetystä hiomasegmentistä 10). Kukin osuus asetettiin grafiittimuottiin ja kuumapuristettiin 407 °C:ssa 10 minuutin ajan 22,1 MPa:ssa (3 200 psi) kunnes oli muodostunut matriisi, jonka tavoitetiheys oli yli 95 % teoreettisesta). Jäähdyttämisen jälkeen segmentit 10 upotettiin suhteellisen suureen määrään (esim. 0,5 litraa) kiehuvaan vettä 45 minuutiksi suolan poistamiseksi niistä. Segmentit 10 huuhdeltiin sitten huolellisesti deionoidulla (DI) vedellä. Tämä prosessi toistettiin kaiken suolan poistumisen varmistamiseksi. Myöhemmät painonmenetys- ja energiadiispersiiviset röntgenkuva- (EDX) -mittaukset vahvistivat, että olennaisesti kaikki suola oli poistunut segmenteistä.

Erään segmentin 10 kaavamainen esitys esitetään viitaten kuvioon 1. Kukin segmentti 10 hiottiin vaadittuihin dimensioihin ja toleransseihin työstetyn alumiiniytimen 20 kehään sopivaksi (kuvioissa 2A – 2C esitetty laikka Type 2A2TS). Segmenteillä 10 on kaareva profiili, jolla on 127 millimetrin (5 tuuman) ulompi kaarevuussäde 11 ja 124 millimetrin (4,9 tuuman) sisäinen kaarevuussäde 12. Edestä (tai takaa) katsottuna segmenttien 10 pituusdimensio 13 on 47 millimetriä (1,8 tuumaa) ja leveysdimensio 14 on 6,3 millimetriä (0,25 tuumaa).

Segmenttejä 10 käytettiin muodostamaan Type 2A2TS -tasohionattyypinen hiomalaikka 100, kuten kuviossa 2A esitetään. Hiomalaikka 100 käsittää kuusitoista symmetrisesti sijoitettua segmenttiä 10, jotka on yhdistetty alumiiniyttimeen 20, jolloin on aikaansaatua hiomalaikka 100, jonka ulompi halkaisija 102 on noin 282 millimetriä (11,1 tuumaa) ja jossa on lovettu ulkoreunus 104. Kuten kohta 110 esittää, segmentoitu ulkoreunus työntyy ulos matkan 112 verran alumiiniytimen 20, joka on noin 3,9 millimetriä (0,16 tuumaa), etupuolesta. Hiomasegmentit 10 ja alumiiniydin 20 koottiin epoksihartsiamiinikove-tinsementtijärjestelmällä (Technodyne HT-18 liima-aine, toimittaja Taoka Chemicals, Japani) hiomalaikkojen muodostamiseksi, joilla on lovettu ulkoreunus 104, joka käsittää kuusitoista hiomasegmenttiä 10. Ytimen ja segmenttien 10 liitospinnoista poistettiin rasva ja ne hiekkapuhallettiin riittävän tarttumisen varmistamiseksi.

Esimerkki 2

Hiomatehokkuuden arvioiminen

Yhden metallisitoisen segmentoidun laikan (laikka 2-A), joka oli valmistettu yllä olevan esimerkin 1 mukaisella menetelmällä, piikiekkojen viimeistelyohentamistehokkuus testattiin. Eräs kaupallisesti saatavilla oleva hiomalaikka, jolla oli sama raekoko ja konsentraatio hartsisideaineessa (laikan spesifikaatio D3/6MIC-IN.656-BX623, toimittaja Saint Gobain Abrasives, Inc., Worcester, MA), jota suositellaan piikiekkojen viimeistelyohentamiseen, toimi vertailulaikkana ja sitä testattiin tämän keksinnön mukaisen laikan kanssa. Tämä vertailulaikka sisälsi noin 5 tilavuusprosenttia timanttihioma-ainetta, noin 62 tilavuusprosenttia onttoja lasipalloja, noin 12 tilavuusprosenttia hartsia ja noin 21 tilavuusprosenttia huokoisuutta. Lasipallot sisälsivät noin 15 tilavuusprosenttia lasikuorta. Vertailulaikan voidaan näin ollen ajatella sisältävän noin 9,3 tilavuusprosenttia lasikuorta ja noin 73,7 tilavuusprosenttia ei-yhdistettyä huokoisuutta (eli noin 21 % tilavuusprosenttia huokoisuutta sekä noin 52,7 tilavuusprosenttia onttoa onttojen lasipallojen sisustaa).

Hiomakokeen olosuhteet olivat:

Hiomakoeolosuhteet:

- | | | |
|--------------------------------|--|---------------------------------|
| Kone: | Strasbaugh 7 AF -malli | |
| 20 Laikan tekniset tiedot: | Karkea kara: | Norton #3-R1B69 |
| | Hieno kara: | D3/6MIC-IN.656-BX623 (vertailu) |
| | Laikka 2-A | |
| Laikan koko: | Tyyppi 2A2TSSA:
280 * 29 * 229 mm (11 * 1[1/8] * 9 tuumaa) | |
| 25 Hiontatapa: | Kaksoishionta: Karkea hionta, sen jälkeen hienohionta | |
| Hienohiontaprosessi: | | |
| Laikan nopeus: | 4 350 kierrosta minuutissa | |
| Jäähdytysaine: | Deionoitu vesi | |
| Jäähdytysaineen virtausnopeus: | 3 galloniaa/min (11 litraa/min) | |
| 30 Työmateriaali: | Piikiekot, N tyyppi 100 orientaatio, 150 mm halkaisija (6 tuumaa), 0,66 mm (0,026 tuumaa) alkupaksuus (toimittaja Silicon Quest, CA) | |
| Poistettu materiaali: | vaihe 1: 10 µm, vaihe 2: 5 µm, vaihe 3: 5 µm, nosto: 2 µm | |
| Syöttönopeus: | vaihe 1: 1 µm/s, vaihe 2: 0,7 µm/s, vaihe 3: 0,5 µm/s, nosto: 0,5 µm/s | |
| 35 Työnopeus: | 699 kierrosta minuutissa, vakio | |

Lepoaika: joka 100. kierros

Karkea hiontaprosessi:

Laikan nopeus: 3 400 kierrosta minuutissa

Jäähdytysaine: Deionoitu vesi

- 5 Jäähdytysaineen virtausnopeus: 3 galloniaa/min (11 litraa/min)

Työmateriaali: Piikiekot, N tyyppi 100 orientaatio, 150 mm halkaisija (6 tuumaa), 0,66 mm (0,026 tuumaa) alkupaksuus (toimittaja Silicon Quest, CA)

Poistettu materiaali: vaihe 1: 10 μm , vaihe 2: 5 μm , vaihe 3: 5 μm , nosto: 10 μm

Syöttönopeus: vaihe 1: 3 $\mu\text{m/s}$, vaihe 2: 2 $\mu\text{m/s}$, vaihe 3: 1 $\mu\text{m/s}$, nosto: 5 $\mu\text{m/s}$

- 10 Työnopeus: 590 kierrosta minuutissa, vakio

Lepoaika: joka 50. kierros

Kun hiomatyökalut vaativat hiomalaikkojen oikaisua ja teroitusta, silloin tälle kokeelle osoitetut olosuhteet olivat seuraavat:

Hiomalaikkojen oikaisu ja teroitusoperaatio:

- 15 Karkea laikka: ei mitään

Hieno laikka: käyttäen karkeaa Strasbaugh-teroitusalustaa, halkaisija 150 mm (6 tuumaa)

Laikan nopeus: 1 200 kierrosta minuutissa

Lepoaika: joka 25. kierros

- 20 Poistettu materiaali: vaihe 1: 150 μm , vaihe 2: 10 μm , nosto: 20 μm

Syöttönopeus: vaihe 1: 5 $\mu\text{m/s}$, vaihe 2: 0,2 $\mu\text{m/s}$, nosto: 2 $\mu\text{m/s}$

Työnopeus: 50 kierrosta minuutissa, vakio

Esimerkin 2 hiomakokeen tulokset on esitetty jäljempänä taulukossa 1.

- 25 Viisikymmentä kiekkoa hienohiottiin käyttäen hartsisitoista vertailulaikkaa ja tämän keksinnön mukaista huokoista laikkaa (laikka 2-A). Kuten taulukossa 1 esitetään, sekä vertailulaikka ja keksinnön mukainen laikka osoittivat suhteellista vakaata huippunormaalivoimaa ainakin viidellekymmenelle kiekolle. Kukin laikka myös vaati lähes saman huippunormaalivoiman. Tämäntyyppinen hiomateho on erittäin toivottava piikiekkujen viimeistelyssä, sillä nämä suhteellisen alhaisen voiman käsittävät, vakaat olosuhteet minimoivat työkappaleelle tapahtuvia termisiä ja mekaanisia vahinkoja.
- 30

Lisäksi tämän keksinnön mukainen huokoinen laikka tuotti yllä kuvatun erittäin edullisen hiomatehon ainakin viidellekymmenelle kiekolle ilman, että kiekkoa tarvitsi teroittaa.

Yhteenvetona esimerkki 2 osoittaa, että keksinnön mukainen laikka mahdollistaa erittäin toivottavan viimeistelytuloksen piikiekoille, yllättäen niin, että se vaatii vähemmän tehoa kuin hartsisitoinen vertailulaikka.

Taulukko 1

5	Vertailulaikka			Koelaikka	
	Kiekkonumero	Huippuvirta, ampeeria	Huippunormaali-voima, N	Huippuvirta, ampeeria	Huippu normaali-voima, N
10	5	10,7	66,9	8,0	62,4
	10	10,5	66,9	8,3	66,9
	15	10,6	66,9	8,4	62,4
	20	10,9	66,9	9,0	66,9
	25	11,3	66,9	8,1	62,4
	30	10,7	66,9	8,4	60,0
	35	10,8	66,9	8,3	62,4
15	40	10,5	62,4	8,4	60,0
	45	10,5	62,4	8,4	66,9
	50	10,1	66,9	8,8	60,0

Esimerkki 3

Hiomatehokkuuden arvioiminen

- 20 Yhden metallisitoisen segmentoidun laikan (laikka 3-A), joka oli valmistettu yllä olevan esimerkin 1 mukaisella menetelmällä, syövytettyjen piikiekojen viimeistelyohentamistehokkuus testattiin. Eräs kaupallisesti saatavilla oleva hiomalaikka, joka kuvataan yksityiskohtaisemmin yllä olevassa esimerkissä 2, jota suositellaan piikiekon viimeistelyohentamiseen, toimi vertailulaikkana ja sitä
- 25 testattiin tämän keksinnön mukaisen laikan kanssa.

Hiomakokeen olosuhteet olivat:

Hiomakoeolosuhteet:

Kone: Strasbaugh 7AF -malli

Laikan tekniset tiedot: Karkea kara: ei mitään

30 Hieno kara: D3/6mic-20BX623C (vertailu)

Laikka 3-A

Laikan koko: Tyyppi 2A2TSSA:

280 x 29 x 229 mm (11 x 1[1/8] x 9 tuumaa)

Hiontatapa: Yksittäishionta: Käyttäen ainoastaan hienoa karaa

Hienohiontaprosessi:

- Laikan nopeus: 4 350 kierrosta minuutissa
 Jäähdytysaine: Deionoitu vesi
 Jäähdytysaineen virtausnopeus: 3 galloniaa/min (11 litraa/min)
- 5 Työmateriaali: Piikiekot, N tyyppi 100 orientaatio, 150 mm halkaisija (6 tuumaa),
 0,66 mm (0,026 tuumaa) alkupaksuus (toimittaja Silicon Quest, CA)
 Poistettu materiaali: vaihe 1: 10 μm , vaihe 2: 5 μm , vaihe 3: 5 μm , nosto: 2 μm
 Syöttönopeus: vaihe 1: 1 $\mu\text{m/s}$, vaihe 2: 0,7 $\mu\text{m/s}$, vaihe 3: 0,5 $\mu\text{m/s}$, nosto:
 0,5 $\mu\text{m/s}$
- 10 Työnopeus: 699 kierrosta minuutissa, vakio
 Lepoaika: joka 100. kierros
 Kun hiomatyökalut vaativat hiomalaikkojen oikaisua ja teroitusta, silloin tälle ko-
 keelle osoitetut olosuhteet olivat seuraavat:
 Oikaisu- ja teroitusoperaatio:
- 15 Hieno laikka: käyttäen karkeaa Strasbaugh-teroitusalustaa, halkaisija 150 mm
 (6 tuumaa)
 Laikan nopeus: 1 200 kierrosta minuutissa
 Lepoaika: joka 25. kierros
 Poistettu materiaali: vaihe 1: 150 μm , vaihe 2: 10 μm , nosto: 20 μm
- 20 Syöttönopeus: vaihe 1: 5 $\mu\text{m/s}$, vaihe 2: 0,2 $\mu\text{m/s}$, nosto: 2 $\mu\text{m/s}$
 Työnopeus: 50 kierrosta minuutissa, vakio

Esimerkin 3 hiomakokeen tulokset on esitetty jäljempänä taulukossa 2. Viisikymmentäviisi syövytettyä piikiekkkoa viimeistelyohennettiin käyttäen hart-
 sisitoista vertailulaikkaa. Syövytettyjen piikiekkokojen viimeistelyssä ei käytetä kar-
 25 keata hiomavaihetta, sillä syövytetyn piin pinta on suhteellisen sileä. Kuten tau-
 lukossa 2 esitetään, huippunormaalivoima kasvaa suhteellisen jatkuvasti kun
 useampia osia on hiottu, nousten lopulta arvoon, jossa hiomakone sulkeutuu. Seitsemänkymmentäviisi syövytettyä piikiekkkoa hiottiin käyttäen tämän keksin-
 nön mukaista huokoista laikkaa. Kuten taulukossa 2 myös esitetään, huippu-
 30 normaalivoima pysyy matalana ja vakaana koko kokeen ajan. Nämä tulokset
 osoittavat selvästi keksinnön mukaisen laikan itseteroittavan luonteen.

Tämäntyyppinen hiomasuoritus on erittäin edullinen piikiekkokojen vii-
 meistelyssä, sillä nämä suhteellisen alhaisen voiman käsittävät, vakaat olosuh-
 teet minimoivat työkappaleelle tapahtuvaa termistä ja mekaanista vahinkoa. Li-
 35 säksi laikan itseteroittava luonne voi mahdollistaa viimeistelyoperaation, jossa
 hiomalaikkaa ei tarvitse teroittaa (tai muuten kunnostaa). Sen seurauksena tä-

män keksinnön mukaiset laikat voivat aikaansaada lisääntyntä suoritustehoa, kustannusten alenemista ja yhdenmukaisempia hiomatuloksia kuin ne, joita saavutetaan käyttämällä tavanomaisia hiomalaikkoja.

- Yhteenvedona esimerkki 3 osoittaa, että keksinnön mukainen laikka
- 5 mahdollistaa erittäin toivottavan viimeistelytuloksen syövytetyille piikiekoille, ja samalla olennaisesti eliminoi tarpeen teroittaa laikkaa. Keksinnön mukaisen laikan suorituskkyky on olennaisesti parempi kuin tavanomaisten hartsisitoisten laikkojen tässä sovelluksessa.

Taulukko 2

10	Vertailulaikka		Koelaikka		
	Kiekkonumero	Huippuvirta, ampeeria	Huippunormaali-voima, N	Huippuvirta, Huippu normaali- ampeeria	voima, N
15	5	8,9	75,8	8,2	62,4
	10	9,0	84,7	8,1	62,4
	15	9,0	98,1	8,0	62,4
	20	9,2	107,0	8,3	66,9
	25	9,4	115,9	8,1	62,4
20	30	9,6	124,9	8,5	62,4
	35	9,9	156,1	8,3	66,9
	40	10,3	182,8	8,1	66,9
	45	10,8	214,0	8,1	66,9
	50	11,5	231,9	7,9	66,24
25	55	11,5	245,3	8,1	66,9
	60	*	*	7,8	62,4
	65	*	*	8,0	66,9
	70	*	*	8,0	62,4
	75	*	*	8,1	66,9

*hiomakone sulkeutui kun normaalivoima ylitti koneen rajat.

Esimerkki 4

30 Hiomatehokkuuden arvioiminen

Kahden metallisitoisen segmentoidun laikan, jotka oli valmistettu yllä olevan esimerkin 1 mukaisen menetelmän kaltaisella tavalla, hiomatehokkuus testattiin. Molemmat laikat sisälsivät noin 14 tilavuusprosenttia timanttihioma-ainetta, jonka partikkelikokojakauma vaihteli välillä noin 63 – noin 74 mikronia (eli

partikkelit olivat hienompia kuin US-mesh 200 ja karkeampia kuin US-mesh 230). Laikat sisälsivät lisäksi noin 21 tilavuusprosenttia metallista sideainetta (jolla oli esimerkissä 1 kuvattu koostumus) ja noin 65 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta. Ensimmäinen laikka (laikka 4-A) valmistettiin käyttäen

5 -70/+200 US-mesh pöytäsuoladispersoidia, kuten esimerkissä 1 on kuvattu, joka todennäköisesti johtaa huokoskokoon, joka vaihtelee välillä noin 74 – noin 210 mikronia (huokoskoon oletetaan olevan likimäärin saman kokoinen kuin poistettu suoladispersoidi). Toinen laikka (laikka 4-B) valmistettiin käyttäen

10 -50/+70 US-mesh pöytäsuolaa, joka todennäköisesti johtaa huokoskokoon, joka vaihtelee välillä noin 210 – noin 300 mikronia. Vaikka sitä ei mitattu, oletetaan, että laikalla, jolla on suurempi huokoskoko, oli myös suurempi metallisen sideaineen kuitukoko. Termiä 'kuitu' (filament) käytetään johdonmukaisesti normaaliin tapaan, joka on ammattimiehelle tunnettua, viittaamaan siihen yhdistävään matriisimateriaaliin (eli huokosrakenteen runkorakenteeseen), joka on yhdistettyjen huokosten välillä.

15

Yllämainittua kahta hiomalaikkaa käytettiin 4,5 neliötuuman AlTiC-kiekkojen karkeahiontaan. Hiomakokeen olosuhteet olivat:

Hiomakoeolosuhteet:

Kone:	Strasbaugh 7 AF -malli	
20 Laikan tekniset tiedot:	Karkea kara:	Laikka 4-A Laikka 4-B
	Hieno kara:	ei mitään
Laikan koko:	Tyyppi 2A2TSSA: 280,16 * 28,90 * 228,65 mm (11 * 1[1/8] * 9 tuumaa)	
25 Hiontatapa:	Yksittäishionta:	Karkea hionta ainoastaan
Karkea hiontaprosessi:		
Laikan nopeus:	2 506 kierrosta minuutissa	
Jäähdytysaine:	Deionoitu vesi	
Jäähdytysaineen virtausnopeus:	3 galloniaa/min (11 litraa/min)	
30 Työmateriaali:	Alumiinititaanikarbidi 3M-310 kiekot, 114,3 mm ² (4,5 neliötuumaa), 2,0 mm (0,8 tuumaa) alkupaksuus (toimittaja Minnesota Mining and Manufacturing Corporation, Minneapolis, MN)	
Poistettu materiaali:	vaihe 1: 100 µm, vaihe 2: 100 µm, vaihe 3: 100 µm, nosto: 20 µm	
35 Syöttönopeus:	vaihe 1: 0,7 µm/s, vaihe 2: 0,7 µm/s, vaihe 3: 0,7 µm/s, nosto: 0,5 µm/s	

Työnopeus: 350 kierrosta minuutissa, vakio

Lepoaika: joka 0. kierros

Kun hiomatyökalut vaativat hiomalaikkojen oikaisua ja teroitusta, silloin tälle ko-
keelle osoitetut olosuhteet olivat seuraavat:

5 Oikaisu- ja teroitusoperaatio:

Karkea laikka: käyttäen karkeaa Strasbaugh-teroitusalustaa, halkaisija 150 mm
(6 tuumaa)

Laikan nopeus: 1 200 kierrosta minuutissa

Lepoaika: joka 25. kierros

10 Poistettu materiaali: vaihe 1: 150 μm , vaihe 2: 10 μm , nosto: 20 μm

Syöttönopeus: vaihe 1: 5 $\mu\text{m/s}$, vaihe 2: 0,2 $\mu\text{m/s}$, nosto: 2 $\mu\text{m/s}$

Työnopeus: 50 kierrosta minuutissa, vakio

Esimerkin 4 hiomakokeen tulokset on esitetty jäljempänä taulukossa 3.

- Molempien laikkojen huomattiin hiovan onnistuneesti AlTiC-kiekon, osoittaen
- 15 suhteellisia vakaita huippunormaaliveimoja ajan myötä ja riittävää materiaalin
poistoa. Ensimmäistä laikkaa, jolla oli suhteellisen hieno huokoskoko (ja oletet-
tavasti suhteellisen hieno metallisen sideaineen kuitukoko) käytettiin hiomaan
AlTiC-kiekkoa noin 25 minuuttia (1 500 sekuntia). Havaittiin suhteellisen vakaa
noin 35 N:n huippunormaaliveima ja noin 1 150 mikronia AlTiC:tä poistettiin kie-
20 kosta (poishiottu ainemäärä noin 46 mikronia/minuutti). Laikan havaittiin kuluvan
noin 488 mikronia (materiaalinpoisto/laikan kulumissuhde noin 2,4). Toista laik-
kaa, jolla oli suhteellisen karkea huokoskoko (ja oletettavasti suhteellisen kar-
kea metallisen sideaineen kuitukoko) käytettiin hiomaan AlTiC-kiekkoa noin seit-
semän minuuttia (420 sekuntia). Havaittiin suhteellisen vakaa noin 94 N:n huip-
25 punormaaliveima ja noin 2 900 mikronia AlTiC:tä poistettiin kiekosta (poishiottu
ainemäärä noin 414 mikronia/minuutti). Laikan havaittiin kuluvan noin 18 mik-
ronia (materiaalinpoisto/laikan kulumissuhde noin 160).

- Yhteenvedona esimerkki 4 osoittaa, että tämän keksinnön mukaiset
- erittäin huokoiset laikat ovat erittäin sopivia AlTiC-kiekkojen hiomiseen. Tämä
- 30 esimerkki osoittaa lisäksi, että tämän keksinnön mukaisten laikkojen kulumi-
senkestävyys- ja itseeroittuvuusominaisuudet voidaan räätälöidä säätämällä
hiomatuotteiden suhteellista huokoskokoja. Vaikka ei haluta tietyn teorian rajoit-
tavan, uskotaan, että laikassa tapahtuva lisääntynyt laikan kulumisen mukaan
lukien suhteellisen hienot huokokset on suhteessa metallisidoksen heikkenemi-
35 seen metallisen sideaineen kuitukoon pienentyessä. Tämä esimerkki osoittaa

kuitenkin, että laikan ominaisuuksia voidaan järjestellä erityisiä sovelluksia varten säätämällä niiden suhteellista huokoskokoa.

Taulukko 3

	Laikan tekniset tiedot	Huippu normaalivoima, N	Laikan kuluminen, mikronia
5	(Suolakoko)		
	Laikka 4-B	93,6	17,8
	(-50/+70)		
	Laikka 4-A	35,7	487,6
	(-70/+200)		

10 Esimerkki 5

Hiomatehokkuuden arvioiminen

Yhden metallisitoisen segmentoidun laikan (laikka 5-A), joka oli valmistettu yllä olevan esimerkin 1 mukaisella menetelmällä, 50 mm:n (2 tuuman) yksikiteisten piikarbidikiekkojen viimeistelyohentamistehokkuus testattiin. Eräs kaupallisesti saatavilla oleva hiomalaikka, joka kuvataan yksityiskohtaisemmin yllä olevassa esimerkissä 2, jota suositellaan piikiekon viimeistelyohentamiseen, toimi vertailulaikkana ja sitä testattiin tämän keksinnön mukaisen laikan kanssa.

Hiomakokeen olosuhteet olivat:

Hiomakoeolosuhteet:

20	Kone:	Strasbaugh 7 AF -malli	
	Laikan tekniset tiedot:	Karkea kara:	ASDC320-7.5MXL2040(S.P.)
		Hieno kara:	D3/6MIC-20BX623C (vertailu)

Laikka 5-A

25	Laikan koko:	Tyyppi 2A2TSSA:
		280,16 * 28,90 * 228,65 mm (11 * 1[1/8] * 9 tuumaa)

Hiontatapa: Kaksoishionta: Karkea hionta, sen jälkeen hienohionta

Hienohiontaprosessi:

	Laikan nopeus:	4 350 kierrosta minuutissa
	Jäähdytysaine:	Deionoitu vesi
30	Jäähdytysaineen virtausnopeus:	3 gallonaa/min (11 litraa/min)
	Työmateriaali: Piikarbidikiekot, yksittäiskide, 50 mm:n halkaisija (2 tuumaa), 300 mikronin (0,0075 tuumaa) alkupaksuus (toimittaja CREE Research, Inc.)	
	Poistettu materiaali: vaihe 1: 15 µm, vaihe 2: 15 µm, nosto: 5 µm	
	Syöttönopeus: vaihe 1: 0,5 µm/s, vaihe 2: 0,2 µm/s, nosto: 1,0 µm/s	

- Työnopeus: 350 kierrosta minuutissa, vakio
 Lepoaika: joka 150. kierros
 Karkea hiontaprosessi:
 Laikan nopeus: 3 400 kierrosta minuutissa
 5 Jäähdytysaine: Deionoitu vesi
 Jäähdytysaineen virtausnopeus: 3 gallonaa/min (11 litraa/min)
 Työmateriaali: Piikarbidikiekot, yksittäiskide, 50 mm:n halkaisija (2 tuumaa),
 300 mikronin (0,0075 tuumaa) alkupaksuus (toimittaja CREE Research, Inc.)
 Poistettu materiaali: vaihe 1: 10 μm , vaihe 2: 10 μm , nosto: 5 μm
 10 Syöttönopeus: vaihe 1: 0,7 $\mu\text{m/s}$, vaihe 2: 0,3 $\mu\text{m/s}$, nosto: 1.0 $\mu\text{m/s}$
 Työnopeus: 350 kierrosta minuutissa, vakio
 Lepoaika: joka 0. kierros
 Oikaisuoperaatio:
 Karkea laikka: ei mitään
 15 Hieno laikka: käyttäen karkeaa Strasbaugh-teroitusalustaa, halkaisija 150 mm
 (6 tuumaa)
 Laikan nopeus: 1200 kierrosta minuutissa
 Lepoaika: joka 25. kierros
 Poistettu materiaali: vaihe 1: 150 μm , vaihe 2: 10 μm , nosto: 20 μm
 20 Syöttönopeus: vaihe 1: 5 $\mu\text{m/s}$, vaihe 2: 0,2 $\mu\text{m/s}$, nosto: 2 $\mu\text{m/s}$
 Työnopeus: 50 kierrosta minuutissa, vakio

- Esimerkin 5 hiomakokeen tulokset on esitetty jäljempänä taulukossa 4. Kaupallinen hartsisitoinen hiomalaikka oli käytännöllisesti katsoen kyvytön hio-
 maan piikarbidikiekkoa, kuten erittäin alhaiset poistoarvot osoittavat. Toisaalta
 25 tämän keksinnön mukainen erittäin huokoinen laikka hioi onnistuneesti erittäin
 kovan ja hauraan piikarbidikiekon. Jokaisen 48 minuutin ajon aikana noin 15 mik-
 ronin poistettiin keskimääräiselle poistonopeudelle 0,31 mikronia/min. Lisäksi
 tämän keksinnön mukaisen huokoisen laikan huomattiin merkitsevästi vähentä-
 vän pinnan rosoisuutta (mitattuna Zygo® valkoisen valon interferometrillä, Zygo
 30 Corporation, Middlefield, CT). Kuten taulukossa 4 esitetään, hionta keksinnön
 mukaisella laikalla vähensi yhdenmukaisesti keskimääräistä pinnan rosoisuutta
 (Ra) yli 100 $\text{\AA}$ ngströmin alkuarvosta alle noin 40 $\text{\AA}$ ngströmiin (yhtä poikkeusta
 lukuun ottamatta).

- Yhteenvedona esimerkki 5 osoittaa, että keksinnön mukaisella laikalla
 35 aikaansaadaan edullinen hiomasuoritus koville, hauraille piikarbidikiekoille. Täs-

sä hakemuksessa keksinnön mukaisen laikan suorituskyky on olennaisesti parempi kuin tavanomaisen hartsisitoisen laikan.

Taulukko 4

5	Ajo nro	Laikan tekniset tiedot	Poishiottu ainemäärä,	Pinnan epätasaisuus,
			mikronia	Ångströmiä
	Koe 8,299			
	6	Vertailulaikka	3	
	7	"	0	98
	19	Laikka 5-A	17	34
10	20	Laikka 5-A	13	32
	21	Laikka 5-A	15	54,5
	22	Laikka 5-A	15	37,5

Esimerkki 6

Tämän keksinnön mukaisten laikkojen arvioimiseen käytettiin huokoisten väliaineiden avonaisuuden kvantitatiivista mittaamista permeabiliteetin testauksella perustuen D'Arcyn lakiin huokoisten väliaineiden virtaamisnopeuden ja paineen välisen suhteen säätelämisestä. Käytetty permeabiliteetin mittaamislaitteisto ja menetelmä ovat olennaisesti samanlaiset kuin Wu et al. ovat kuvanneet US-patentissa 5 738 697, esimerkki 6, nimittäin paineistetun ilman johtaminen huokoisten testinäytteiden litteälle pinnalle.

Huokoiset näytteet tehtiin olennaisesti samalla menetelmällä kuin esimerkin 1 menetelmässä, sisältäen 5 tilavuusprosenttia 3/6 mikronista timanttihioma-ainetta. Pöytäsuolan ja metallisen sideaineen suhteellisia määriä vaihdeltiin, jolloin tuloksena olivat näytteet, jotka sisälsivät noin 0 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta. Näytteet, jotka olivat halkaisijaltaan 1,5 tuumaa ja paksuudeltaan 0,5 tuumaa, kuumapuristettiin 405 °C:ssa 3 200 psi:n paineessa. Jäähdyttämisen aikana näytteitä peitettiin käsin käyttäen piikarbidihiomalietettä (raekoko 180) niiden pinnalla olevien huokosten avaamiseksi. Näytteet upotettiin sitten kiehuvaan veteen, kuten esimerkissä 1 on kuvattu. Kutakin huokosarvoa varten valmistettiin neljä näytettä. Keskimääräiset permeabiliteettitulokset esitetään jäljempänä taulukossa 5.

Permeabiliteettiarvot raportoidaan ilmatilavuusyksiköissä aikayksikköä kohden (Q , $\text{cm}^3/\text{sekunti}$) paineyksikköä kohden (P , vesipatsaan korkeus tuumina) ja ne mitattiin näytteiden paksuuden läpi, jotka olivat halkaisijaltaan 1,5 tuumaa (37,5 mm) ja paksuudeltaan 0,5 tuumaa (12,7 mm). Kuten odotettiin, per-

- meabiliteettiarvot olivat alhaiset niille näytteille, joilla ei varsinaisesti ollut yhdistettyä huokoisuutta. Permeabiliteetin havaittiin lisääntyvät huomattavasti kun huokoisuus lisääntyi. Erityisesti niille näytteille, joilla oli yli noin 50 % yhdistettyä huokoisuutta, oli tunnusomaista, että niiden permeabiliteettiarvot olivat yli noin
- 5 0,2 cm³ sekunnissa vesipatsaan korkeutta kohden tuumissa huokoisuuden kasvaessa yli noin 50 tilavuusprosentin.

Taulukko 5

	Metallinen sideaine Pöytäsuola	Teoreettinen huokoisuus	Läpäisevyys, Q/P	
10	painoprosenttia	painoprosenttia	tilavuusprosenttia (cm ³ /s/tuuma H ₂ O/0,5 tuumaa)	
	100	0	0	0,030
	91,85	8,15	25	0,034
	84,7	15,3	40	0,085
15	74,55	25,45	55	0,287
	65,0	35,0	65	0,338
	58,99	41,01	70	0,562
	43,02	56,98	80	n/a

Esimerkki 7

- 20 Segmentoidut hiomalaikat, joissa kussakin oli kuusitoista segmenttiä, koottiin olennaisesti samalla tavalla kuin esimerkissä 1 (ylempänä). Segmentit käsittivät kuitenkin orgaanista sideainetta (toisin kuin esimerkissä 1 esitetty metallisideaine) ja valmistettiin seuraavassa kuvatulla tavalla:

- 25 Rakeista sokeria (toimittaja Shaw's, Inc., Worcester, MA) ravisteltiin yhden gallonan maalipurkissa noin kaksi tuntia käyttäen maaliravistinta (valmistaja Red Devil®, Inc., Union, NJ) terävien kulmien ja reunojen irrottamiseksi, siten tehokkaasti "pyöristäen" sokerirakeet. Rakeinen sokeri siivilöitiin sitten noin 250 – noin 500 mikronin (eli -35/+60 US-mesh) partikkelikokojakautuman aikaansaamiseksi.

- 30 Jauhettua hartsisideainetta esisiivilöitiin US-mesh 200 -siivilän läpi agglomeraattien poistamiseksi. Hienoa timanttihioma-ainejauhetta, partikkelikokajakauma noin 3 – noin 6 mikronia, toimittaja Amplex® Corporation (Olyphant, Pennsylvania) nimikkeellä RB3/6, lisättiin jauhettuun hartsiin ja sekoitettiin kunnes se oli olennaisesti homogeenista. Seos, joka sisälsi noin 80 tilavuusprosenttia hartsia ja noin 20 tilavuusprosenttia hioma-ainetta, siivilöitiin kolme
- 35 kertaa US-mesh 165 -siivilän läpi ja lisättiin sitten raesokeriin (joka valmistettiin

kuten yllä on kuvattu). Harts-hioma-aine-sokeriseosta sekoitettiin sitten kunnes se oli olennaisesti homogeeninen ja siivilöitiin kahdesti US-mesh 24 -siivilän läpi.

Valmistettiin kolme komposiittiseosta. Ensimmäinen seos (jota käytettiin laikan 7-A valmistuksessa) sisälsi noin 4 tilavuusprosenttia timanttihiomaa-ainetta, noin 20 tilavuusprosenttia 33-344-hartsisideainetta (bisfenoli-A-modifioitua fenoliresolihartsia, toimittaja Durez® Corporation of Dallas, TX), ja noin 76 tilavuusprosenttia rakeista sokeria. Toinen seos (jota käytettiin laikan 7-B valmistuksessa) sisälsi noin 6 tilavuusprosenttia timanttihiomaa-ainetta, noin 30 tilavuusprosenttia 29-346-hartsisideainetta (hyvin juokseva fenolinovolakkahartsia, toimittaja Durez® Corporation of Dallas, TX), ja noin 64 tilavuusprosenttia rakeista sokeria. Kolmas seos (jota käytettiin laikan 7-C valmistuksessa) sisälsi noin 6 tilavuusprosenttia timanttihiomaa-ainetta, noin 30 tilavuusprosenttia 29-108-hartsisideainetta (erittäin juokseva bifenoli-A-modifioitu resoli, toimittaja Durez® Corporation of Dallas, TX), ja noin 64 tilavuusprosenttia rakeista sokeria.

Harts-hioma-aine-sokeri-seokset asetettiin pareittain levynmuotoisiin teräsmuotteihin, tasoitettiin ja puristettiin noin 135 °C:n lämpötilassa noin 4 100 psi:n (28 MPa) paineessa noin 30 minuutin ajan kunnes saatiin aikaan matriisi, jonka teoreettinen tiheys oli noin 99 %. Jäähdyttämisen jälkeen levyt hiottiin kevyesti himmeiksi noin 180-rakeisella hiekkapaperilla muottikalvon poistamiseksi ja sokeridispersoidi poistettiin upottamalla kiehuvaan veteen noin 2 tunniksi. Sokerin poistamisen jälkeen levyt kuivattiin ja poltettiin hartsin kovettumisen loppuunsaattamiseksi. Kuivaamis- ja polttokierto oli seuraava. Levyt kohotettiin ensin 60 °C:een kohotusajan ollessa noin 5 minuuttia ja pidettiin mainitussa lämpötilassa noin 25 minuuttia. Levyt kohotettiin sitten 90 °C:een kohotusajan ollessa noin 30 minuuttia ja pidettiin mainitussa lämpötilassa 5 tunnin ajan. Lopuksi levyt kohotettiin 160 °C:een kohotusajan ollessa noin 4 tuntia ja pidettiin mainitussa lämpötilassa noin 5 tuntia. Polton jälkeen levyt jäähdytettiin huoneen lämpötilaan ja työstettiin segmentteihin käytettäväksi hiomalaikkojen kokoonpanossa.

Kolmen orgaanisen sideaineistetun segmentin piikiekkojen hieno-viimeistelytehokkuus testattiin. Hiomakoeolosuhteet olivat:

Hiomakoeolosuhteet:

Kone: Strasbaugh 7 AF -malli

35 Laikan tekniset tiedot: Karkea kara: Norton #3-R7B69
Hieno kara: Laikka 7-A

Laikka 7-B

Laikka 7-C

Laikan koko: Tyypä 2A2TSSA:
280 x 29 x 229 mm (11 x 1[1/8] x 9 tuumaa)

- 5 Hiontatapa: Kaksoishionta: Karkea hionta, sen jälkeen hienohionta

Hienohiontaprosessi:

Laikan nopeus: 4 350 kierrosta minuutissa

Jäähdytysaine: Deionoitu vesi

- 10 Jäähdytysaineen virtausnopeus: 3 gallonaa/min (11 litraa/min)

Työmateriaali: Piikiekot, N tyyppi 100 orientaatio, 150 mm:n halkaisija (6 tuumaa),
0,66 mm (0,026 tuumaa) alkupaksuus (toimittaja Silicon Quest, CA)

Poistettu materiaali: vaihe 1: 10 µm, vaihe 2: 5 µm, vaihe 3: 5 µm, nosto: 2 µm

Syöttönopeus: vaihe 1: 1 µm/s, vaihe 2: 0.7 µm/s, vaihe 3: 0.5 µm/s, nosto:

- 15 0.5 µm/s

Työnopeus: 590 kierrosta minuutissa, vakio

Lepoaika: joka 100. kierros

Karkea Hiontaprosessi:

Laikan nopeus: 3 400 kierrosta minuutissa

- 20 Jäähdytysaine: Deionoitu vesi

Jäähdytysaineen virtausnopeus: 3 gallonaa/min (11 litraa/min)

Työmateriaali: Piikiekot, N tyyppi 100 orientaatio, 150 mm:n halkaisija (6 tuumaa),
0,66 mm (0,026 tuumaa) alkupaksuus (toimittaja Silicon Quest, CA)

Poistettu materiaali: vaihe 1: 10 µm, vaihe 2: 5 µm, vaihe 3: 5 µm, nosto: 10 µm

- 25 Syöttönopeus: vaihe 1: 3 µm/s, vaihe 2: 2 µm/s, vaihe 3: 1 µm/s, nosto: 5 µm/s

Työnopeus: 590 kierrosta minuutissa, vakio

Lepoaika: joka 50. kierros

Kun hiomatyökalut vaativat hiomalaikkojen oikaisua ja teroitusta, silloin tälle ko-
keelle osoitetut olosuhteet olivat seuraavat:

- 30 Oikaisu- ja teroitusoperaatio:

Karkea laikka: käyttäen karkeaa Strasbaugh-teroitusalustaa, halkaisija 150 mm
(6 tuumaa)

Laikan nopeus: 1 200 kierrosta minuutissa

Lepoaika: joka 25. kierros

- 35 Poistettu materiaali: vaihe 1: 190 µm, vaihe 2: 10 µm, nosto: 20 µm

Syöttönopeus: vaihe 1: 5 µm/s, vaihe 2: 0,2 µm/s, nosto: 2 µm/s

Työnopeus: 50 kierrosta minuutissa, vakio

Hieno laikka: käyttäen erittäin hienoa Strasbaugh-teroitusalustaa, halkaisija 150 mm (6 tuumaa)

Laikan nopeus: 1 200 kierrosta minuutissa

5 Lepoaika: joka 25. kierros

Poistettu materiaali: vaihe 1: 150 μm , vaihe 2: 10 μm , nosto: 20 μm

Syöttönopeus: vaihe 1: 5 $\mu\text{m/s}$, vaihe 2: 0,2 $\mu\text{m/s}$, nosto: 2 $\mu\text{m/s}$

Työnopeus: 50 kierrosta minuutissa, vakio

Esimerkin 7 mukaisen hiomakokeen tulokset on esitetty jäljempänä
 10 taulukossa 6. Kaksisataa kiekkoa hienohiottiin käyttäen tämän keksinnön mukaisia huokoisia, hartsisidonnaisia laikkoja (laikat 7-A, 7-B ja 7-C). Kunkin keksinnön mukaisen laikan huippunormaalivoima oli suhteellisen vakaa, noin 90 N (eli noin 20 naulaa) ainakin kahdelle sadalle kiekolle. Tämän tyyppinen hiomatehokkuus on erittäin edullinen viimeistellessä piikiekkoja, sillä nämä suhteellisen
 15 alhaisen voiman, vakaan tilan olosuhteet minimoivat työkappaleelle aiheutuvat termiset ja mekaaniset vahingot. Lisäksi tämän keksinnön mukainen huokoinen laikka tuotti yllä kuvatun erittäin suotavan hiomatehokkuuden ainakin kahdelle sadalle kiekolle ilman, että laikkaa tarvitsi teroittaa.

Lisäksi hartsityypin havaittiin vaikuttavan hiomalajan kulumisnopeuteen. Laikkojen 7-A ja 7-C kulumisnopeudet olivat suhteellisen korkeat, 2,2 ja
 20 vastaavasti 1,7 mikronia kiekkoa kohden, kun taas laikan 7-B (joka sisälsi hyvin juoksevan fenolinovolakkahartsin) kulumisnopeus oli suhteellisen alhainen, 0,5 mikronia kiekkoa kohden.

Yhteenvedona esimerkki 7 osoittaa, että keksinnön mukaiset laikat,
 25 jotka sisältävät orgaanista sideainetta, tuottavat erittäin edullisen viimeistelytehokkuuden piikiekoille.

Taulukko 6

Laikan tekniset tiedot	Huippu normaalivoima (N)	Kulumisnopeus(mikronia/kiekko)
Laikka 7-A (DZ 33-344)	90	2.2
Laikka 7-B (IZ 29-346)	90	0.5
Laikka 7-C (IZ 19-108)	90	1.7

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä hiomatuotteen valmistamiseksi, jossa on ainakin 50 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta, jolloin menetelmässä:

5 a) sekoitetaan hiomarakeiden, sideainemateriaalin ja hienojakoisten partikkelien seos, mainitun seoksen sisältäessä noin 0,5 – noin 25 tilavuusprosenttia hiomaraetta, noin 19,5 – noin 49,5 tilavuusprosenttia sideainemateriaalia ja noin 50 – noin 80 tilavuusprosenttia hienojakoisia partikkeleita;

b) puristetaan mainittu seos hioma-aineella täytettyyn komposiittiin;

10 c) komposiitti lämpökäsitellään; ja

d) komposiitti upotetaan liuottimeen ajanjaksoksi, joka on sopiva liuottamaan olennaisesti kaiken hienojakoisen aineen, jolloin hienojakoinen aine on liuottimeen liukeneva;

15 mainitun hiomarakeen ja sideaineen ollessa olennaisesti liukenemattomia mainittuun liuottimeen.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu puristaminen (b) ja mainittu lämpökäsittely (c) suoritetaan olennaisesti samanaikaisesti.

20 3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, jossa seosta puristetaan ainakin viisi minuuttia noin 370 – noin 795 °C:n lämpötilassa noin 20 – noin 33 megaPascalin välillä vaihtelevassa paineessa.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa hienojakoisten partikkelien tilavuusprosentti mainitussa seoksessa vaihtelee välillä:

25 suurempi tai yhtä suuri kuin noin 50 tilavuusprosenttia; ja
alle tai yhtä suuri kuin 70 tilavuusprosenttia.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu sideainemateriaali on metallisideaine.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, jossa mainittu metallinen sideaine sisältää noin 35 – noin 85 painoprosenttia kuparia ja noin 15 –
30 noin 65 painoprosenttia tinaa.

7. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, jossa mainittu metallisideaine lisäksi sisältää noin 0,2 – noin 1,0 painoprosenttia fosforia.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu sideainemateriaali on orgaaninen sideaine.

35 9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, jossa mainittu orgaaninen sideaine sisältää fenolihartsin.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu hiomarae sisältää superkovan hiomarakeen, joka on valittu joukosta, jonka muodostavat timantti ja kuutiollinen boorinitridi.

5 11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu hiomarae käsittää timantin.

12. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainitun hiomarakeen keskimääräinen partikkelikoko vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 0,5 mikronia; ja

10 pienempi tai yhtä suuri kuin noin 300 mikronia.

13. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainitun hiomarakeen keskimääräinen partikkelikoko vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 0,5 mikronia; ja

15 pienempi tai yhtä suuri kuin noin 75 mikronia.

14. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu hienojakoinen aine on veteen liukeneva suola.

15. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu hienojakoinen aine kuuluu joukkoon, jonka muodostavat sokeri, dekstriini, polysakkaridioligomeerit, natriumkloridi, kaliumkloridi, magnesiumkloridi, kalsiumkloridi, natriumsilikaatti, natriummetasilikaatti, kaliumfosfaatti, kaliumsilikaatti, natriumkarbonaatti, natriumsulfaatti, kaliumsulfaatti, magnesiumsulfaatti ja niiden seokset.

16. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu hienojakoinen aine käsittää natriumkloridia.

17. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu hienojakoinen aine käsittää sokeria.

18. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainitun hienojakoisen aineen partikkelikoko vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 25 mikronia; ja

20 pienempi tai yhtä suuri kuin noin 500 mikronia.

19. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainitun hienojakoisen aineen partikkelikokojakauma vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 74 mikronia; ja

30 pienempi tai yhtä suuri kuin noin 210 mikronia.

20. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainitun hienojakoisen aineen partikkelikokojakauma vaihtelee välillä:

35 suurempi tai yhtä suuri kuin noin 210 mikronia; ja

pienempi tai yhtä suuri kuin noin 300 mikronia.

21. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu hienojakoinen aine käsittää sokeria ja jonka partikkelikokojakauma vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 150 mikronia; ja

5 pienempi tai yhtä suuri kuin noin 500 mikronia.

22. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu liuotin käsittää vettä.

23. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa mainittu liuotin käsittää kiehuvaa vettä.

10 24. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, jossa ainakin yksi komposiitin pinta on hangattu mainitun lämpökäsittelyn (c) jälkeen ja ennen ma-
nittua upottamista (d).

25. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, joka tuottaa hioma-
tuotteen, jonka permeabiliteetti on suurempi tai yhtä suuri kuin noin 0,2 kuutio-
15 senttimetriä sekunnissa vesipatsaan korkeutta tuumina kohden.

26. Patenttivaatimuksen 1 mukaisen menetelmän mukaan valmistettu hiomatuote.

27. Hiomasegmentti segmentoidulle hiomalaikalle, mainitun hioma-
segmentin käsittäessä:

20 komposiitin, joka sisältää useita superkovia hiomarakeita ja metalli-
sen sideainematriisin, jotka on sintrattu yhteen, jolloin komposiitin sisällä on
useita yhdistettyjä huokosia,

mainitussa komposiitissa on noin 0,5 – noin 25 tilavuusprosenttia hio-
marakeita, noin 19,5 – noin 49,5 prosenttia metallista sideainetta ja noin 50 –
25 noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta;

mainittu metallinen sideainematriisi käsittää noin 35 – noin 70 paino-
prosenttia kuparia, noin 30 – noin 65 painoprosenttia tinaa ja noin 0,2 – noin
1,0 painoprosenttia fosforia,

jolloin mainitut useat superkovat hiomarakeet on valittu joukosta, jon-
30 ka muodostavat timantti ja kuutiohilallinen boorinitridi, jolloin superkovien hio-
marakeiden keskimääräinen partikkelikoko on vähemmän kuin noin 300 mikronia.

28. Patenttivaatimuksen 27 mukainen hiomasegmentti, jossa mainittu
komposiitti on sintrattavissa lämpötilassa, joka vaihtelee noin 370 – noin 795 °C:n
välillä.

35 29. Patenttivaatimuksen 27 mukainen hiomasegmentti, jolloin mainit-
tu komposiitti käsittää:

enemmän tai yhtä paljon kuin noin 50 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta; ja

vähemmän tai yhtä paljon kuin 70 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta.

- 5 30. Patenttivaatimuksen 27 mukainen hiomasegmentti, jolloin mainittujen useiden yhdistettyjen huokosten keskimääräinen huokoskoko vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 25 mikronia; ja

pienempi tai yhtä suuri kuin 500 mikronia.

- 10 31. Patenttivaatimuksen 27 mukainen hiomasegmentti, jolloin mainittujen useiden yhdistettyjen huokosten keskimääräinen huokoskoko vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 74 mikronia; ja

pienempi tai yhtä suuri kuin 210 mikronia.

- 15 32. Patenttivaatimuksen 27 mukainen hiomasegmentti, jolloin mainittujen useiden yhdistettyjen huokosten keskimääräinen huokoskoko vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 210 mikronia; ja

pienempi tai yhtä suuri kuin 300 mikronia.

- 20 33. Patenttivaatimuksen 27 mukainen hiomasegmentti, jolloin mainittujen useiden superkovien hiomarakkeiden keskimääräinen partikkelikoko vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 0,5 mikronia; ja

pienempi tai yhtä suuri kuin noin 75 mikronia.

- 25 34. Patenttivaatimuksen 27 mukainen hiomasegmentti, jolloin mainittu yhdistetty huokoisuus muodostetaan:

a) lisäämällä hienojakoinen aine rakeisiin ja metallisideaineeseen ennen komposiitin sintrausta; ja

- b) upottamalla mainittu sintrattu komposiitti liuottimeen ja liuottamalla
30 hienojakoinen aine;

mainitun hiomasegmentin ollessa olennaisesti vapaa hienojakoisista partikkeleista.

- 35 35. Patenttivaatimuksen 27 mukainen hiomasegmentti, jonka permeabiliteetti on suurempi tai yhtä suuri kuin noin 0,2 kuutiosenttimetriä sekunnissa vesipatsaan korkeutta tuumina kohden.

36. Segmentoitu hiomalaikka, joka käsittää:

ytimen,

hiomakehän, joka sisältää useita patenttivaatimuksen 27 mukaisia segmenttejä; ja

termisesti stabiilin sideaineen mainitun ytimen ja kunkin mainitun usean segmentin välissä.

37. Segmentoitu hiomalaikka, joka käsittää:

ytimen, jonka alin ominaislujuus on $2,4 \text{ MPa-cm}^3/\text{g}$, ytimen tiheys $0,5 - 8,0 \text{ g/cm}^3$ ja jolla on ympyränmuotoinen ulkoreunus;

hiomakehän, joka käsittää useita segmenttejä, jolloin kukin segmentti käsittää komposiitin, jossa on useita hiomarakeita ja metallinen sideainematriisi, jotka on sintrattu yhteen, jolloin komposiitissa on useita yhdistettyjä huokosia sen sisällä, ja komposiitissa on noin 50 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta; ja

termisesti stabiilin sideaineen mainitun ytimen ja kunkin mainitun usean segmentin välissä.

38. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin komposiitti on sintrattavissa lämpötilassa, joka vaihtelee välillä noin $370 -$ noin 795°C .

39. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin mainittu metallisideaine käsittää noin 35 – noin 85 painoprosenttia kuparia ja noin 15 – noin 65 painoprosenttia tinaa.

40. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin mainittu metallisideaine lisäksi käsittää noin 0,2 – noin 1,0 painoprosenttia fosforia.

41. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin mainitut hiomarakeet käsittävät superkovia hiomarakeita, jotka on valittu joukosta, jonka muodostavat timantti ja kuutiohilallinen boorinitridi.

42. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin mainittu hiomarae käsittää timantin.

43. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin mainitun hiomarakeen keskimääräinen partikkelikoko vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 0,5 mikronia; ja
pienempi tai yhtä suuri kuin noin 300 mikronia.

44. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin mainittujen useiden yhdistettyjen huokosten keskimääräinen huokoskoko vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 25 mikronia; ja
 pienempi tai yhtä suuri kuin 500 mikronia.

45. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jol-
 loin mainittujen useiden yhdistettyjen huokosten keskimääräinen huokoskokoja-
 5 kauma vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 74 mikronia; ja
 pienempi tai yhtä suuri kuin 210 mikronia.

46. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jol-
 loin mainittujen useiden yhdistettyjen huokosten keskimääräinen huokoskokoja-
 10 kauma vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 210 mikronia; ja
 pienempi tai yhtä suuri kuin 300 mikronia.

47. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jol-
 loin mainittu jolloin mainittu yhdistetty huokoisuus muodostetaan:

15 a) lisäämällä hienojakoinen aine kunkin mainitun usean segmentin
 rakeisiin ja metallisideaineeseen ennen sintrausta; ja

b) upottamalla kukin mainittu usea segmentti liuottimeen ja liuotta-
 malla hienojakoinen aine;

kunkin mainitun usean segmentin ollessa olennaisesti vapaa hienoja-
 20 koisista partikkeleista.

48. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jol-
 loin kunkin mainitun segmentin permeabiliteetti on suurempi tai yhtä suuri kuin
 noin 0,2 kuutiosenttimetriä sekunnissa vesipatsaan korkeutta tuumina kohden.

49. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jol-
 25 loin mainittu termisesti stabiili sideaine valitaan joukosta, jonka muodostavat
 epoksiliimasideaine, metallurginen sideaine, mekaaninen sideaine, diffuusiosideaine ja niiden yhdistelmät.

50. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jol-
 loin mainittu termisesti stabiili sideaine on epoksiliimasideaine.

30 51. Patenttivaatimuksen 37 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jol-
 loin:

mainittu metallinen sideaine käsittää noin 35 – noin 85 painoprosent-
 tia kuparia, noin 15 – 65 painoprosenttia tinaa ja noin 0,2 – 1,0 painoprosenttia
 fosforia;

35 mainittu hiomarae käsittää timantin, jonka partikkelikoko vaihtelee vä-
 lillä noin 0,5 – noin 300 mikronia; ja

mainittujen useiden yhdistettyjen huokosten keskimääräinen huokoskoko vaihtelee välillä noin 25 – noin 500 mikronia.

52. Menetelmä hiomatuotteen valmistamiseksi, jolla on noin 40 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta, menetelmän käsittäessä:

5 a) hiomarakeiden, ei-metallisen sideainemateriaalin ja hienojakoisten partikkelien seoksen sekoittamisen, jolloin mainittu seos käsittää noin 0,5 – noin 25 tilavuusprosenttia hiomarakeita, noin 19,5 – noin 65 tilavuusprosenttia ei-metallista sideainemateriaalia ja noin 40 – noin 80 tilavuusprosenttia hienojakoisia partikkeleita;

10 b) seoksen puristamisen hioma-aineella kuormattuun komposiittiin;

c) komposiitin lämpökäsittelyyn; ja

d) komposiitin upottamisen liuottimeen ajanjaksoksi, joka on sopiva liuottamaan olennaisesti kaiken hienojakoisen aineen, jolloin hienojakoinen aine on liuottimeen liukeneva;

15 hiomarakeen ja ei-metallisen sideainemateriaalin ollessa olennaisesti liukenemattomia liuottimeen.

53. Patenttivaatimuksen 52 mukainen menetelmä, jolloin ei-metallinen sideainemateriaali käsittää orgaanisen sideainemateriaalin.

20 54. Patenttivaatimuksen 53 mukainen menetelmä, jolloin orgaaninen sideainemateriaali sisältää hartsin, joka on valittu ryhmästä, jonka muodostavat fenolihartsit, epoksihartsit, tyydyttämättömät polyesterihartsit, bismaleimidihartsit, polyimidihartsit, syanaattihartsit, melamiinipolymeerit ja niiden seokset.

55. Patenttivaatimuksen 53 mukainen menetelmä, jolloin orgaaninen sideainemateriaali sisältää fenolihartsin.

25 56. Patenttivaatimuksen 53 mukainen menetelmä, jolloin orgaaninen sideainemateriaali sisältää fenolinovolakkahartsin.

57. Patenttivaatimuksen 53 mukainen menetelmä, jolloin orgaaninen sideainemateriaali sisältää fenoliresolihartsin.

30 58. Patenttivaatimuksen 53 mukainen menetelmä, jolloin mainittu hiomarae käsittää timantin, jonka keskimääräinen partikkelikoko vaihtelee välillä: suurempi tai yhtä suuri kuin noin 0,5 mikronia; ja pienempi tai yhtä suuri kuin noin 300 mikronia.

59. Patenttivaatimuksen 53 mukainen menetelmä, jolloin hienojakoiset partikkelit ovat olennaisesti ionittomia.

35 60. Patenttivaatimuksen 53 mukainen menetelmä, jolloin hienojakoiset partikkelit käsittävät sokeria.

61. Patenttivaatimuksen 53 mukainen menetelmä, jolloin mainittu puristaminen (b) käsittää puristamisen ainakin viiden minuutin ajan lämpötilassa, joka vaihtelee välillä noin 100 – noin 200 °C paineissa, jotka vaihtelevat noin 20 ja noin 33 megaPascalin välillä.

5 62. Patenttivaatimuksen 53 mukainen menetelmä, jolloin mainittu lämpökäsittely (c) suoritetaan mainitun upottamisen (d) jälkeen ja joka käsittää polttamisen ainakin yhden tunnin ajan lämpötilassa, joka vaihtelee välillä noin 100 – noin 200 °C.

63. Patenttivaatimuksen 53 mukainen menetelmä, jolloin ainakin yksi
10 komposiitin pinta on hangattu ennen mainittua upottamista (d).

64. Hiomasegmentti segmentoidulle hiomalaikalle, mainitun hiomasegmentin käsittäessä:

komposiitin, joka sisältää useita superkovia hiomarakeita ja ei-metallisen sideainematriisin, jotka on kovetettu yhteen, jolloin komposiitissa on
15 useita yhdistettyjä huokosia sen sisällä, mainitun komposiitin sisältäessä noin 0,5 – noin 25 tilavuusprosenttia hiomarakeita, noin 19,5 – noin 65 prosenttia ei-metallista sideainetta ja noin 40 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta, ja;

jolloin mainitut useat superkovat hiomarakeet on valittu joukosta,
20 jonka muodostavat timantti ja kuutiohilainen boorinitridi, mainittujen superkovien hiomarakeiden keskimääräisen partikkelikoon ollessa vähemmän kuin noin 300 mikronia.

65. Patenttivaatimuksen 64 mukainen hiomasegmentti, jolloin komposiitti on kovetettavissa lämpötilassa, joka vaihtelee välillä noin 100 – noin 200 °C.

25 66. Patenttivaatimuksen 64 mukainen hiomasegmentti, jolloin mainitut useat superkovat hiomarakeet käsittävät timantin ja niiden keskimääräinen partikkelikoko vaihtelee välillä:

suurempi tai yhtä suuri kuin noin 0,5 mikronia; ja

pienempi tai yhtä suuri kuin noin 75 mikronia.

30 67. Patenttivaatimuksen 64 mukainen hiomasegmentti, jolloin mainittu yhdistetty huokoisuus muodostetaan:

a) lisäämällä hienojakoinen aine hiomarakeisiin ja ei-metalliseen sideaineeseen ennen komposiitin kovettamista; ja

b) upottamalla mainittu kovetettu komposiitti liuottimeen ja liuottamalla hienojakoinen aine;
35

mainitun hiomasegmentin ollessa olennaisesti vapaa hienojakoisista partikkeleista.

68. Patenttivaatimuksen 67 mukainen hiomasegmentti, jolloin mainittu hienojakoinen aine käsittää sokeria, mainittu liuotin käsittää vettä ja mainittu ei-metallinen sideaine käsittää fenolihartsia.

69. Segmentoitu hiomalaikka, joka käsittää:
ytimen, jonka alin ominaislujuus on $2,4 \text{ MPa-cm}^3/\text{g}$, ytimen tiheys $0,5 - 8,0 \text{ g/cm}^3$ ja jolla on ympyränmuotoinen ulkoreunus;
hiomakehän, joka käsittää useita segmenttejä, jolloin kukin segmentti käsittää hiomaraekomposiitin ja ei-metallisen sideainematriisin, jotka on kovetettu yhteen, mainitun komposiitin käsittäessä useita yhdistettyjä huokosia, mainitun komposiitin käsittäessä noin 40 – noin 80 tilavuusprosenttia yhdistettyä huokoisuutta; ja

termisesti stabiilin sideaineen mainitun ytimen ja kunkin mainitun usean segmentin välissä.

70. Patenttivaatimuksen 69 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin komposiitti on kovetettavissa lämpötilassa, joka vaihtelee välillä noin 100 – noin 200 °C.

71. Patenttivaatimuksen 69 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin ei-metallinen sideainematriisi käsittää orgaanisen sideainematriisin.

72. Patenttivaatimuksen 71 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin mainittu orgaaninen sideainematriisi käsittää fenolihartsimatriisin.

73. Patenttivaatimuksen 71 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin mainittu yhdistetty huokoisuus muodostetaan:

a) lisäämällä hienojakoinen aine hiomarakeisiin ja orgaaniseen sideaineeseen ennen komposiitin kovettamista; ja

b) upottamalla mainittu kovetettu komposiitti liuottimeen ja liuottamalla hienojakoinen aine;

mainitun hiomasegmentin ollessa olennaisesti vapaa hienojakoisista partikkeleista.

74. Patenttivaatimuksen 73 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin mainittu hienojakoinen aine käsittää sokeria, mainittu liuotin käsittää vettä ja mainittu orgaaninen sideainematriisi käsittää fenolihartsia.

75. Patenttivaatimuksen 71 mukainen segmentoitu hiomalaikka, jolloin mainittu orgaaninen sideainematriisi käsittää fenolihartsin;

mainittu hiomarae käsittää timantin, jonka keskimääräinen partikkeli-
koko vaihtelee välillä noin 0,5 – noin 300 mikronia;

mainittu termisesti stabiili liimasideaine käsittää epoksiliimasideaineen;

ja

- 5 mainittu yhdistetty huokoisuus muodostetaan lisäämällä rakeista so-
keridispersoidia hiomarakeisiin ja orgaaniseen sideaineeseen ennen komposii-
tin kovettamista ja upottamalla kovetettu komposiitti vesiliuottimeen ja liuottamal-
la hienojakoinen aine.

1. A method for fabricating an abrasive article having at least 50 volume percent interconnected porosity, said method comprising:
 - a) blending a mixture of abrasive grain, bond material, and dispersoid particles, said mixture including from about 0.5 to about 25 volume percent abrasive grain, from about 19.5 to about 49.5 volume percent bond material, and from about 50 to about 80 volume percent dispersoid particles;
 - b) pressing said mixture into an abrasive laden composite;
 - c) thermally processing the composite; and
 - d) immersing said composite into a solvent for a period of time suitable to dissolve substantially all of said dispersoid, said dispersoid being soluble in said solvent; said abrasive grain and said bond material being substantially insoluble in said solvent.
2. The method of claim 1 wherein said pressing (b) and said thermally processing (c) are performed substantially simultaneously.
3. The method of claim 2 wherein the mixture is pressed for at least five minutes at a temperature ranging from about 370 to about 795°C at pressures ranging from about 20 to about 33 megaPascal.
4. The method of claim 1 wherein the volume percent of dispersoid particles in said mixture ranges from:
 - greater than or equal to about 50 volume percent; and
 - less than or equal to about 70 volume percent.
5. The method of claim 1 wherein said bond material is a metal bond.
6. The method of claim 5 wherein said metal bond comprises from about 35 to about 85 weight percent copper and from about 15 to about 65 weight percent tin.
7. The method of claim 5 wherein said metal bond further comprises from about 0.2 to about 1.0 weight percent phosphorus.
8. The method of claim 1 wherein said bond material is organic bond.
9. The method of claim 8 wherein said organic bond comprises a phenolic resin.
10. The method of claim 1 wherein said abrasive grain comprises a superabrasive grain selected from the group consisting of diamond and cubic boron nitride.
11. The method of claim 1 wherein said abrasive grain comprises diamond.
12. The method of claim 1 wherein said abrasive grain comprises an average particle size ranging from:
 - greater than or equal to about 0.5 microns; and
 - less than or equal to about 300 microns.

13. The method of claim 1 wherein said abrasive grain comprises an average particle size ranging from:
 - greater than or equal to about 0.5 microns; and
 - less than or equal to about 75 microns.
14. The method of claim 1 wherein said dispersoid is a water soluble salt.
15. The method of claim 1 wherein said dispersoid is member of the group consisting of sugar, dextrin, polysaccharide oligomers, sodium chloride, potassium chloride, magnesium chloride, calcium chloride, sodium silicate, sodium metasilicate, potassium phosphate, potassium silicate, sodium carbonate, sodium sulfate, potassium sulfate, magnesium sulfate, and mixtures thereof.
16. The method of claim 1 wherein said dispersoid comprises sodium chloride.
17. The method of claim 1 wherein said dispersoid comprises sugar.
18. The method of claim 1 wherein said dispersoid has a particle size ranging from:
 - greater than or equal to about 25 microns; and
 - less than or equal to about 500 microns.
19. The method of claim 1 wherein said dispersoid has a particle size distribution ranging from:
 - greater than or equal to about 74 microns; and
 - less than or equal to about 210 microns.
20. The method of claim 1 wherein said dispersoid has a particle size distribution ranging from:
 - greater than or equal to about 210 microns; and
 - less than or equal to about 300 microns.
21. The method of claim 1 wherein said dispersoid comprises sugar and has a particle size distribution ranging from:
 - greater than or equal to about 150 microns; and
 - less than or equal to about 500 microns.
22. The method of claim 1 wherein said solvent comprises water.
23. The method of claim 1 wherein said solvent comprises boiling water.
24. The method of claim 1 wherein at least one surface of the composite is abraded after said thermal processing (c) and prior to said immersing (d).
25. The method of claim 1 producing an abrasive article having a permeability of greater than or equal to about 0.2 cubic centimeter per second per inch of water.
26. An abrasive article fabricated by the method of claim 1.
27. An abrasive segment for a segmented grinding wheel, said abrasive segment comprising:
 - a composite including a plurality of superabrasive grains and a metal bond matrix sintered together, said composite having a plurality of interconnected pores disposed therein, said

composite including from about 0.5 to about 25 volume percent abrasive grain, from about 19.5 to about 49.5 percent metal bond and from about 50 to about 80 volume percent interconnected porosity;

said metal bond matrix including from about 35 to about 70 weight percent copper, from about 30 to about 65 weight percent tin, and from about 0.2 to about 1.0 weight percent phosphorus,

wherein said plurality of superabrasive grains are selected from the group consisting of diamond and cubic boron nitride, said superabrasive grains having an average particle size of less than about 300 microns.

28. The abrasive segment of claim 27 wherein the composite is sinterable at a temperature ranging from about 370 to about 795°C.

29. The abrasive segment of claim 27 wherein said composite comprises:
greater than or equal to about 50 volume percent interconnected porosity; and
less than or equal to about 70 volume percent interconnected porosity.

30. The abrasive segment of claim 27 wherein said plurality of interconnected pores has an average pore size ranging from:

greater than or equal to about 25 microns; and
less than or equal to about 500 microns.

31. The abrasive segment of claim 27 wherein said plurality of interconnected pores has an average pore size distribution ranging from:

greater than or equal to about 74 microns; and
less than or equal to about 210 microns.

32. The abrasive segment of claim 27 wherein said plurality of interconnected pores has an average pore size distribution ranging from:

greater than or equal to about 210 microns; and
less than or equal to about 300 microns.

33. The abrasive segment of claim 27 wherein said plurality of superabrasive grains has an average particle size ranging from:

greater than or equal to about 0.5 microns; and
less than or equal to about 75 microns.

34. The abrasive segment of claim 27 wherein said interconnected porosity is formed by:

a) adding a dispersoid to the grains and metal bond prior to sintering the composite; and
b) immersing said sintered composite into a solvent and dissolving the dispersoid;
said abrasive segment being substantially free of dispersoid particles.

35. The abrasive segment of claim 27 having a permeability of greater than or equal to about 0.2 cubic centimeter per second per inch of water.

36. A segmented grinding wheel comprising:

- a core;
 - an abrasive rim including a plurality of the segments of claim 27; and
 - a thermally stable bond between said core and each of said plurality of segments.
37. A segmented grinding wheel comprising:
- a core having a minimum specific strength of $2.4 \text{ MPa-cm}^3/\text{g}$, a core density of 0.5 to 8.0 g/cm^3 , and a circular perimeter;
 - an abrasive rim including a plurality of segments, each of said segments including a composite including a plurality of abrasive grains and a metal bond matrix sintered together, said composite having a plurality of interconnected pores disposed therein, said composite including from about 50 to about 80 volume percent interconnected porosity; and
 - a thermally stable bond between said core and each of said plurality of segments.
38. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein the composite is sinterable at a temperature ranging from about 370°C to about 795°C .
39. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said metal bond comprises from about 35 to about 85 weight percent copper and from about 15 to about 65 weight percent tin.
40. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said metal bond further comprises from about 0.2 to about 1.0 weight percent phosphorus.
41. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said abrasive grains comprise superabrasive grains selected from the group consisting of diamond and cubic boron nitride.
42. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said abrasive grain comprises diamond.
43. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said abrasive grain has an average particle size ranging from:
- greater than or equal to about 0.5 microns; and
 - less than or equal to about 300 microns.
44. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said plurality of interconnected pores have an average pore size ranging from:
- greater than or equal to about 25 microns; and
 - less than or equal to about 500 microns.
45. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said plurality of interconnected pores have a pore size distribution ranging from:
- greater than or equal to about 74 microns; and
 - less than or equal to about 210 microns.
46. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said plurality of interconnected pores have a pore size distribution ranging from:
- greater than or equal to about 210 microns; and
 - less than or equal to about 300 microns.

47. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said interconnected porosity is formed by:
- a) adding a dispersoid to the grains and metal bond of each of said plurality of segments prior to sintering; and
 - b) immersing each of said plurality of segments into a solvent and dissolving the dispersoid;
- wherein each of said plurality of segments is substantially free of dispersoid particles.
48. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein each of said segments has a permeability of greater than or equal to about 0.2 cubic centimeter per second per inch of water.
49. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said thermally stable bond is selected from the group consisting of an epoxy adhesive bond, a metallurgical bond, a mechanical bond, a diffusion bond, and combinations thereof.
50. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein said thermally stable bond is an epoxy adhesive bond.
51. The segmented grinding wheel of claim 37 wherein:
- said metal bond comprises from about 35 to about 85 weight percent copper, from about 15 to about 65 weight percent tin, and from about 0.2 to about 1.0 weight percent phosphorus;
 - said abrasive grain comprises diamond having a particle size from about 0.5 to about 300 microns; and
 - said plurality of interconnected pores have an average pore size ranging from about 25 to about 500 microns.
52. A method for fabricating an abrasive article having from about 40 to about 80 volume percent interconnected porosity, said method comprising:
- a) blending a mixture of abrasive grain, non-metallic bond material, and dispersoid particles, said mixture including from about 0.5 to about 25 volume percent abrasive grain, from about 19.5 to about 65 volume percent non-metallic bond material, and from about 40 to about 80 volume percent dispersoid particles;
 - b) pressing said mixture into an abrasive laden composite;
 - c) thermally processing the composite; and
 - d) immersing the composite into a solvent for a period of time suitable to dissolve substantially all of the dispersoid, the dispersoid being soluble in the solvent;
- the abrasive grain and the non-metallic bond material being substantially insoluble in the solvent.
53. The method of claim 52 wherein the non-metallic bond material comprises an organic bond material.

54. The method of claim 53 wherein the organic bond material comprises a resin selected from the group consisting of phenolic resins, epoxy resins, unsaturated polyester resins, bismaleimide resins, polyimide resins, cyanate resins, melamine polymers, and mixtures thereof.
55. The method of claim 53 wherein the organic bond material comprises a phenolic resin.
56. The method claim 53 wherein the organic bond material comprises a phenolic novolac resin.
57. The method of claim 53 wherein the organic bond material comprises a phenolic resole resin.
58. The method of claim 53 wherein said abrasive grain comprises diamond having an average particle size ranging from:
greater than or equal to about 0.5 microns; and
less than or equal to about 300 microns.
59. The method of claim 53 wherein the dispersoid particles are substantially non-ionic.
60. The method of claim 53 wherein the dispersoid particles comprise sugar.
61. The method of claim 53 wherein said pressing (b) comprises pressing for at least five minutes at a temperature ranging from about 100 to about 200°C at pressures ranging from about 20 to about 33 megaPascal.
62. The method of claim 53 wherein said thermal processing (c) is performed after said immersing (d) and comprises baking for at least one hour at a temperature ranging from about 100 to about 200°C.
63. The method of claim 53 wherein at least one surface of the composite is abraded prior to said immersing (d).
64. An abrasive segment for a segmented grinding wheel, said abrasive segment comprising:
a composite including a plurality of superabrasive grains and a non-metallic bond matrix cured together, said composite having a plurality of interconnected pores disposed therein, said composite including from about 0.5 to about 25 volume percent abrasive grain, from about 19.5 to about 65 percent non-metallic bond and from about 40 to about 80 volume percent interconnected porosity; and;
wherein said plurality of superabrasive grains are selected from the group consisting of diamond and cubic boron nitride, said superabrasive grains having an average particle size of less than about 300 microns.
65. The abrasive segment of claim 64 wherein the composite is curable at a temperature ranging from about 100 to about 200°C.
66. The abrasive segment of claim 64 wherein said plurality of superabrasive grains comprise diamond and have an average particle size ranging from:
greater than or equal to about 0.5 microns; and
less than or equal to about 75 microns.

67. The abrasive segment of claim 64 wherein said interconnected porosity is formed by:
a) adding a dispersoid to the grains and non-metallic bond prior to curing the composite;
and
b) immersing said cured composite into a solvent and dissolving the dispersoid;
said abrasive segment being substantially free of dispersoid particles.
68. The abrasive segment of claim 67 wherein said dispersoid comprises sugar, said solvent comprises water, and said non-metallic bond comprises phenolic resin.
69. A segmented grinding wheel comprising:
a core having a minimum specific strength of 2.4 MPa-cm³/g, a core density of 0.5 to 8.0 g/cm³, and a circular perimeter;
an abrasive rim including a plurality of segments, each of said segments including a composite of abrasive grains and a non-metallic bond matrix cured together, said composite having a plurality of interconnected pores disposed therein, said composite including from about 40 to about 80 volume percent interconnected porosity; and
a thermally stable adhesive bond between said core and each of said plurality of segments.
70. The segmented grinding wheel of claim 69 wherein the composite is curable at a temperature ranging from about 100 to about 200°C.
71. The segmented grinding wheel of claim 69 wherein the non-metallic bond matrix comprises an organic bond matrix.
72. The segmented grinding wheel of claim 71 wherein said organic bond matrix comprises a phenolic resin matrix.
73. The segmented grinding wheel of claim 71 wherein said interconnected porosity is formed by:
a) adding a dispersoid to the grains and organic bond prior to curing the composite; and
b) immersing said cured composite into a solvent and dissolving the dispersoid;
said abrasive segment being substantially free of dispersoid particles.
74. The segmented grinding wheel of claim 73 wherein said dispersoid comprises sugar, said solvent comprises water, and said organic bond matrix comprises phenolic resin.
75. The segmented grinding wheel of claim 71 wherein
said organic bond matrix comprises a phenolic resin;
said abrasive grain comprises diamond having an average particle size ranging from about 0.5 to about 300 microns;
said thermally stable adhesive bond comprises an epoxy adhesive bond; and
said interconnected porosity is formed by adding a granular sugar dispersoid to the abrasive grains and organic bond prior to curing the composite and immersing the cured composite into water solvent and dissolving the dispersoid.

1/2

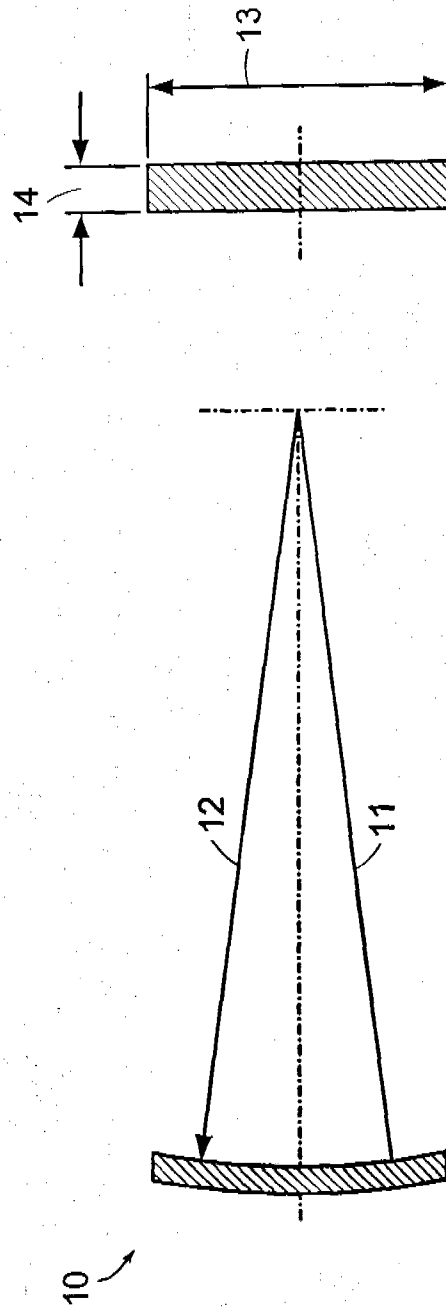


FIG. 1

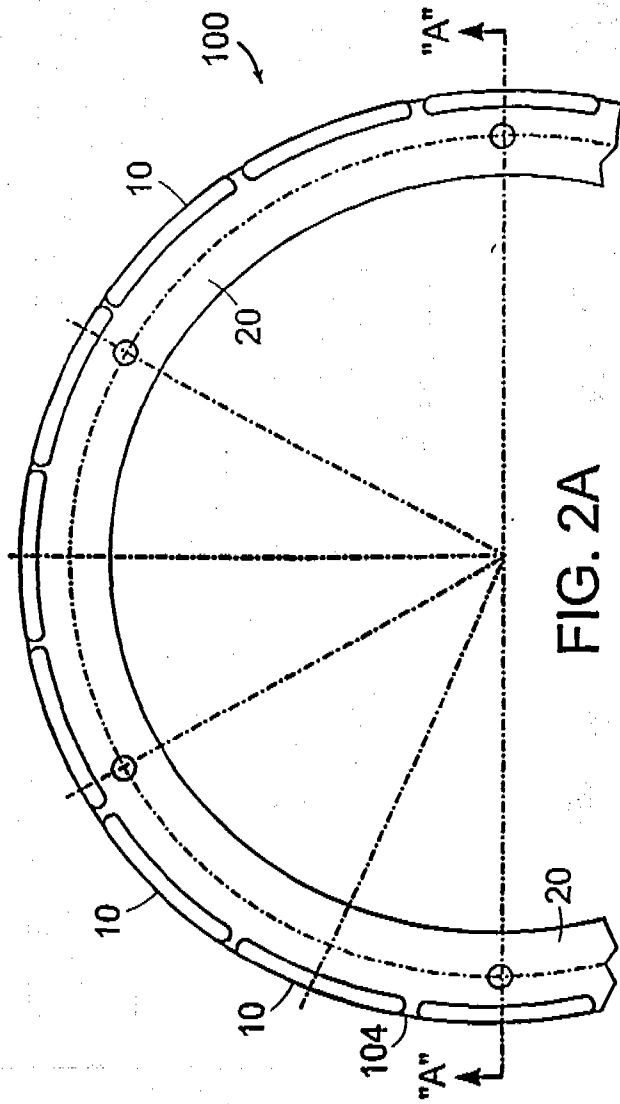


FIG. 2A

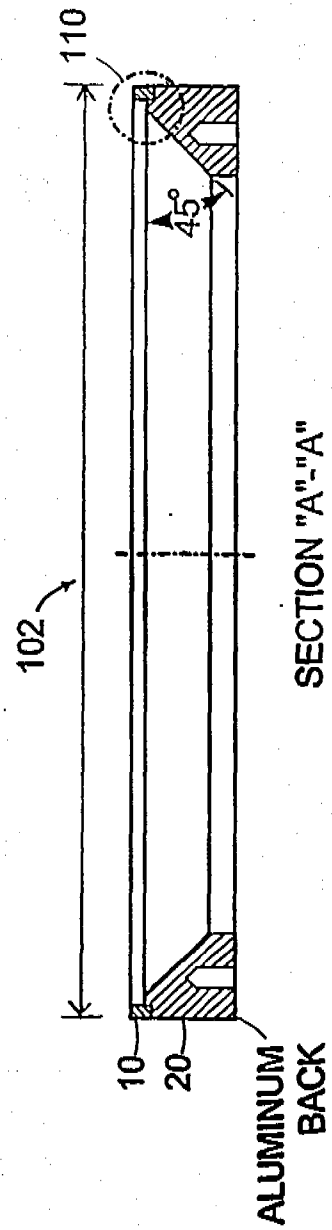


FIG. 2B

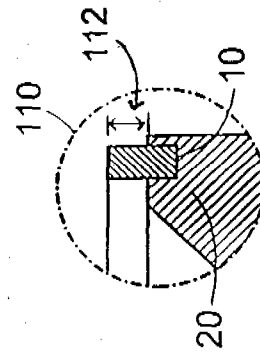


FIG. 2C

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

Patentti- ja innovaatiolinja
PL 1160
00101 Helsinki

TUTKIMUSRAPORTTI

PATENTTIHAKEMUS NRO		LUOKITUS	
FI20040684		Int.Cl. B24D 3/00 (2006.01) B24D 3/10 (2006.01) B24D 3/18 (2006.01) B24D 3/32 (2006.01) B24D 5/06 (2006.01) B24D 18/00 (2006.01) B23F 21/03 (2006.01)	
TUTKITUT PATENTTILUOKAT (luokitusjärjestelmät ja luokkatiedot)			
IPC 8; B24D			
TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT TIETOKANNAT			
Epodoc, Wpi, Paj			

VIITEJULKAISUT

Kategoria*)	Julkaisun tunnistetiedot ja tiedot sen olennaisista kohdista	Koskee vaatimuksia
Y,D	US 5738696 A (Mianxue, Wu ET AL.) 14. huhtikuuta 1998 (14.04.1998) palsta 13, rivit 1-15 palsta 13, rivit 1-15 palstat 13 sekä 14, rivit 1-63; palstat 2, rivit 55-68 sekä palsta 3, rivit 1-31 palsta 4, rivit 9-38; palsta 13, rivit 5-35; palsta 13, rivit 1-25	1, 14-17 5-7, 10-12 27-33, 36-46 48-51, 64-66, 69-75
Y	JP 60118469 (Ishihara Ginrou) 30. marraskuuta 1980 (30.11.1980), palsta 1, rivit 4-13; palsta 4, rivit 3-19	1, 14-17
Y,D	US 6093092 A (Srinivasan Ramanath ET AL.) 25. kesäkuuta 2000 (25.06.2000) palsta 18, rivit 13-31; palsta 4, rivit 66-67 sekä palsta 5, rivit 1-13 palsta 18, rivit 3-31 palsta 18, rivit 4-31; palsta 18, rivit 1-25; palsta 17, rivit 47-49 sekä palsta 18, rivit 1-47	5-7, 10-12 27-33, 36-46 48-51, 64-66, 69-75
A	US 5738697 A (Mianxue, Wu ET AL.) 14. huhtikuuta 1998 (14.04.1998)	1-75

Jatkuu seuraavalla sivulla



*) X Julkaisu, jonka perusteella keksintö ei ole uusi tai ei eroa olennaisesti ennestään tunnetusta tekniikasta.
Y Julkaisu, jonka perusteella keksintö ei eroa olennaisesti ennestään tunnetusta tekniikasta, kun otetaan huomioon tämä ja yksi tai useampi samaan kategoriaan kuuluva julkaisu yhdessä.
A Yleistä tekniikan tasoa edustava julkaisu.

O Tullut julkiseksi esitelmän välityksellä, hyväksikäyttämällä tai muutoin muun kuin kirjoituksen avulla.

P Julkaistu ennen hakemuksen tekemispäivää mutta ei ennen aikaisinta etuoikeuspäivää.

T Julkaistu hakemuksen tekemispäivän tai etuoikeuspäivän jälkeen ja valaisee keksinnön periaatetta tai teoreettista taustaa.

F Aikaisempi suomalainen tai Suomea koskeva patentti- tai hyödyllisyysmallihakemus, joka on tullut julkiseksi hakemuksen tekemispäivänä (etuoikeuspäivänä) tai sen jälkeen.

D Julkaisu, joka on mainittu hakemuksessa.

L Julkaisu, joka kyscenaalistaa etuoikeuden, osoittaa toisen julkaisun julkaisupäivämäärän tai johon viitataan jostakin muusta syystä.

& Samaa patenttiperheeseen kuuluva julkaisu.

Lisätietoja liitteessä



Päiväys

17.10.2006

Tutkijainsinööri

Ari Hirvonen

Puhelinnumero +358 9 6939 500