

KRALJEVINA JUGOSLAVIJA

UPRAVA ZA ZAŠTITU



INDUSTRIJSKE SVOJINE

Klasa 12 (7).

Izdan 1 avgusta 1935.

PATENTNI SPIS BR. 11808

Intermetal Corporation New-York, U. S. A.

Postupak za izradu katalizatora

Prijava od 25 septembra 1933.

Važi od 1 decembra 1934.

Traženo pravo prvenstva od 25 aprila 1933 (U. S. A.)

Ovaj se pronalazak odnosi na katalizatore i katalitične materijale i postupke za proizvodjenje istih a naročito obuhvata nov način spremanja takvih materijala u jednom obliku, sposobnom da razvije vrlo visoki stupanj aktivnosti. Postupak po pronalasku je primenljiv na spremanje metala i metalnih jedinjenja za katalitične svrhe. Produkt koji se dobija postupkom po ovom pronalasku, bilo da je metal ili jedinjenje, može biti po hemijskom sastavu identičan sa katalizatorima, koji su sada u upotrebi, ali fizički, on ima sastav koji nije sličan sastavu nijednog katalizatora do sada poznatog. Na pr. mangan dioksid spremljen po ovom postupku može biti identičan sa onim koga predstavlja formula MnO_2 ; nikleni ili bakarni katalizator po pronalasku, može po hemijskom sastavu da se ne razlikuje od običnog nikla ili bakra; ali u svakom slučaju postoji znatna razlika u fizičkim karakteristikama i sravnjenju sa poznatim materijama. Smatra se da je neobično visok stepen aktivnosti i svojstven naročitim fizičkim karakteristikama produkta.

Postupak po pronalasku može se kratko opisati kao obrada jednog agregata (celine) ili kombinacije, koja sadrži željeni materijal ili materijal iz kojih će se na posletku napraviti katalizator, kao i jedan ili više neželjenih materijala, sa jednim neaktivnim agensom s obzirom na željeni materijal ili koji je podešen da prihvati

neželjene sastojke a potom ih ukloni. Obrada se može izvoditi sa kojim bilo agensom podešenim za uklanjanje neželjenog materijala ali će se najbolje razumeti, ako se upotrebi tečni rastvarač kao lužina. Takva lužina daje proizvod, koji ima čestice u labavom mrežastom šupljikastom obliku, koji se sastoje poglavito iz željenog sastojka. Ovo stanje dolazi bez sumnje od dejstva rastvarača na rastvorljive delove čestica i to ne samo na površinama, već i unutrašnjosti, dokle rastvarač može da im pridje. Moguće je, čak i verovatno, da neki materijal, neželjen za specijalnu svrhu naročitog katalizatora može da se sadrži u krajnjem proizvodu, ali u takvom slučaju on se namešta u masi čestica, koje ga tako opkoljavaju ili zatvaraju željenim materijalom, da rastvarač stvarno nije u mogućnosti da deluje na njega za vreme obrade.

Isto tako, jasno je da dati sastojak u agregatu, sa koga počinje postupak, ma da je neželjen u katalizatoru za jednu svrhu, može biti željeni sastojak za zadržavanje u krajnjem proizvodu, iz koga se sastoji katalizator, za drugu svrhu. Na taj način, ako se prema katalizatoru za drugu svrhu, isii agregat se može obraditi sa različitim rastvoračem ili drugom vrstom agensa, podesnog da ukloni nepodesne sastojke za naročitu svrhu željenog katalizatora, i tako ih uklanja iz krajnjeg proizvoda, mada ovi isti sastojci mogu biti

oni, koji se žele i zadržavaju u katalizatoru, napravljenom iz istog agregata, samo za drugu svrhu.

Prema tome, po našem pronalasku, početni materijal može biti agregat, koji se sastoji iz jednog, ili više elemenata i jedinjenja, kao što su mangan dioksid, oksid gvoždja, oksid nikla, oksid aluminioma, ili koja druga metalna jedinjenja ili metali koji se sastoje iz agregata takvog materijala. Ovaj agregat se tada obradjuje sa agansom, podesnim da uklanja sastojke, koji su neželjeni za naročitu svrhu, za koju se katalizator i pravi. Posle takve obrade krajnji katalitični materijal sastoji se iz željenog sastojka u korodiranom šupljikavom stanju, a to može biti mangan dioksid, oksid gvoždja, oksid nikla oksid aluminioma ili druga metalna jedinjenja. Sledećom obradom takodje po pronalasku, može se metal oksida ili drugo metalno jedinjenje da pretvori u metal ako je to korisno, a da se ne razori korodirano šupljikavi oblik. Otuda je očevidno, da katalitična aktivnost katalizatora, po ovom pronalasku, zavisi u velikoj meri od fizičkog sastava čestica, koje čine katalizator bez obzira na materijal, od koga je sastavljen.

Gore opisana rastresito upletena struktura u čestici ne može se tačno nazvati poroznom u smislu, u kojem se taj izraz upotrebljava za opšte izvestan oblik katalitičnog materijala, koji se dobija taloženjem vrlo fino podeljenih čestica sve iste prirode, koje u izvesnoj meri aglomeriraju, ostavljajući prostore izmedju aglomerisanih čestica. Ali šupljikava struktura, po ovom pronalasku, je u stvari kontura čestice, koja se dobija korozijom ili izjedanjem pomoću agensa, koji se upotrebljava u takvoj obradi, a koji može biti rastvarač.

Povećana katalitična aktivnost, prouzrokovana korodiranim ili šupljikavim sastavom, može se objasniti verovatno teorijom hemiske adsorpcije na atome jedne čestice mereno nepodmirenim valencijama ovih atoma. Po ovoj teoriji, atom u unutrašnjosti mase čestice, nema adsorpcionu aktivnost sve dotle, dok se sve njegove valencije ne podmire. Ipak, u koliko atomi postaju nezavisniji od mase u toliko su sve aktivniji. Na taj način, atom na površini ima jednu nepodmirenu valenciju i prema tome ima malu aktivnost hemiske adsorpcije. Isto tako, atomi na ivicama imaju dve nepodmirene valencije, a one u uglovima imaju tri nepodmirene valencije; njihova aktivnost se proporcionalno povećava. Atomi, koji odlaze sa površine mogu imati i pet nepodmirenih valencija i prema tome su od svih najaktivniji. Jasno je, da će korodiran šupljikav sastav, kao što je kod po-

sebnih čestica katalizatora, po ovom pronalasku, dati maksimum odlazećih atoma, dok mnogi atomi, koji leže u masi početnog materijala, više ili manje se odvajaju od nje korozijom, koja se dobija obradom uklanjanja. Ako je taj slučaj, onda je objašnjenje vrlo velike katalitičke aktivnosti ovih katalizatora očevidno, jer se katalitično dejstvo može smatrati kao jedna faza hemiske adsorpcije, u kojoj se reagujuće supstance adsorbuju na katalitičnim atomima, bilo u molekularnom ili pak atomskom stanju i tako se osposobljavaju vrlo lako, da se dodiruju i reaguju jedan na drugi. Dakle, ovo može biti (a izgleda da je razumljivo objašnjenje fenomena, koji se primećuje u ovome primeru) ali se ne tvrdi da jeste današnje objašnjenje, jer se naučnici ne slažu niti što se tiče prirode katalizatora niti reakcije, koje nastaju pri hemiskoj adsorpciji. Medjutim, činjenica je, da je korodirani šupljikav katalizator, po ovome pronalasku, daleko aktivniji i od ravnih i od poroznih katalizatora, do sada poznatih.

Današnja tehnika uči, da čestice katalizatora treba da su u vrlo fino podeljenom stanju. Neki su pronalazači čak pokušavali da proizvode koloidalne ili polu koloidalne katalizatore, a drugi veruju da poroznost materijala pomaže njihovu aktivnost. Ali ni takva fina raspodela pa čak ni poroznost kao takva nisu karakteristika katalizatora, po ovome pronalasku. Jer čestice su relativno mnogo veće od čestica katalizatora, do sada poznatih i one nemaju takvu vrstu poroznosti, za kojom su težili raniji naučnici.

Dok se korodirane čestice, po ovom pronalasku perforirane, kakve su stvarno usled obrada, mogu u fizičkom smislu nazvati poroznima, poroznost, kao takva, po ovom pronalasku nema katalitičnu vrednost. Ovo je samo jedan deo postupka, kome se oni podvrgavaju. Viša katalitična aktivnost dolazi otuda, što agens, koji uklanja neželjeni materijal, ulazeći u masu čestica, delimično oslobadjanja iz mase veliki broj aktivnih molekula ili atoma, čak i na zidovima perforacija, i ovi atomi su verovatno stekli usled uklanjanja veći broj nepodmirenih valencija nego što su imali dotle.

Ovo će biti očevidno iz sledećih tipičnih primera, koji pokazuju način spemanja tipičnih katalizatora, prema ovom pronalasku.

Primer 1.

Da bi se dobio nikleni katalizator za hidrogenaciju ulja, nikal aluminat ($3NiO \cdot Al_2O_3$) se luži sa rastvorom natrium hidroksida ($NaOH$). Aluminat nikla se može mleti do

veličine od 200 rupica, čije su dužine i širine 75 mikrona, i luži sa dovoljno koncentrisanim rastvorom natrium hidroksida, da bi se uklonila glavna količina oksida aluminijuma. Ovaj rastvor može biti razne jačine ali, vreme obrade će biti u toliko duže ili kraće, u koliko je rastvor slabiji ili jači. Ipak, vrlo jako koncentrisani rastvor nije poželjan, jer ima tendenciju da sitni i kruti čestice katalizatora u fini prah i tako umanjuje efikašnost, koja se dobija iz šupljikavog oblika. U slučaju aluminata nikla dobiveni su odlični rezultati luženjem sa 30% rastvara NaOH za vreme od jednog sata ili sata i po. Natrium hidroksid ove jačine rastvora najviše Al_2O_3 i ostavlja kao talog u glavnom oksid nikla NiO. Takav oksid aluminijuma zadržan u masi čestica zatvoren je u okolnom oksidu nikla, tako da rastvor za luženje ne može da pridje do njega. NiO se tada filtrira, suši, gnječi i redukuje, u vodoničnoj atmosferi na temperaturi od 450° do 500° u metalni nikal u šupljikastom obliku, koji je bio opisan. To je katalizator.

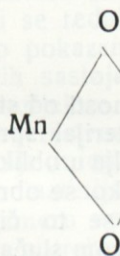
Primer 1 a.

Drugo objašnjenje spremanja niklenog katalizatora za hidrogenizaciju ulja je sledeće: hormat nikla ($NiCrO_4$) koji sadrži čestice, koje se mogu do veličine poznate kao 200 rupica, naime, do veličine koja će proći kroz rešetku koja ima četvrtaste

otvore približno 75 mikrona dugačke sa 75 mikrona široke, luži se sa natrium hidroksidom. Rastvor NaOH, u ovom slučaju, treba da je nešto više razredjen, nego li u slučaju aluminat nikla. Dobijaju se dobri rezultati sa 15% rastvora NaOH za nekoliko časova pri polako povišenoj temperaturi, na pr. 90° C. Jedinjenje hroma se na taj način rastvara u većoj ili manjoj meri, a nikleni talog se feltrira, suši a zatim redukuje u vodoniku pri temperaturi od oko 300 do 500° C.

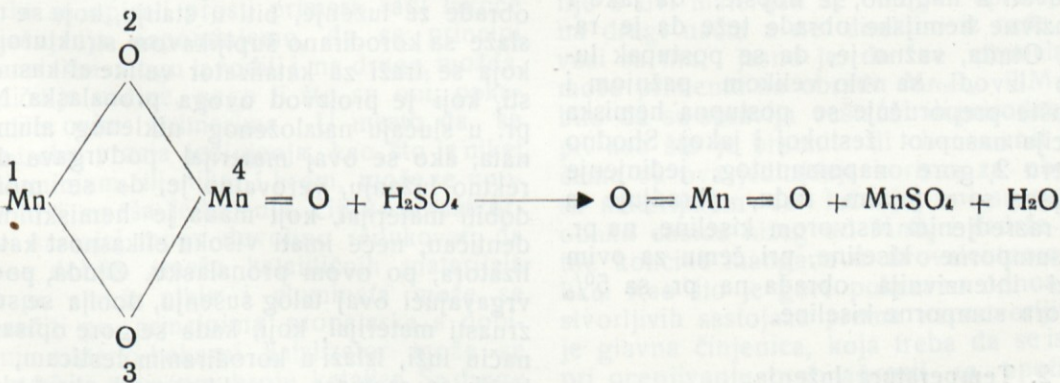
Primer 2.

Za manganski katalizator (na pr. mangan dioksid za oksidaciju ugljenmonoksida) mangani oksid (Mn_2O_3) se luži u uzastopno rastvaranim rastvorima sumporne kiseline, u prvom redu, postepeno povećavanim koncentracijama, a na temperaturama približnim sobnim temperaturama, za izvesno vreme, koje je dovoljno da se izazove uklanjanje glavnog dela rastvorljivog dela ovog jedinjenja. U vezi sa tim treba napomenuti, da mangani oksid — obuhvata dvovalentan i trovalentan mangan. Mangani oksid, koji se obično označava empiričkom formulom Mn_2O_3 , može se smatrati da ima mangansku so manganske kiseline H_2MnO_3 koja se može pisati i MnO , MnO_2 ili $Mn MnO_3$ i može se nazvati manganskim manganitom koja odgovara strukturnoj formuli



$Mn = O$. Iz ovog jedinjenja može se MnO ukloniti na pr. obrađujući ga

sa sumpornom kiselinom i preobraćajući dvovalentan mangan u sulfat.



Iz gornjeg se može lako primetiti da se atom (1) mangana i atom (2) oksida uklanjaju iz jedinjenja dok se zaostali kiseonični atom (3) sam hvata duplom vezom za atom (4) mangana, tako da dobiveno jedinjenje mangana je $O = Mn = O$ ili MnO_2 . Atom mangana (1) prima sulfat kao što je pokazano, a atom kiseonika (2) se vezuje sa vodonikom, kao voda. Uklanjanjem MnO , celokupna zapremina nije ništa manja od zapremine početnog materijala, ali težina izražena u atomatskim težinama smanjuje se sa 71/158 — ili oko 45%, ostavljajući MnO_2 u jako korodiranom stanju.

Posle gore opisanog luženja, nerastvorljiv proizvod filtrira se, pere, presuje gnječi, kalibrira i suši polako, na pr. na 100° C za vreme od 12 do 18 časova, praćeno intenzivnijim sušenjem od dva do tri časa na povišenim temperaturama, na pr. 200° C. Dobiveni proizvod ima korodirani šupljikav oblik i visoku aktivnost katalizatora, koja je sposobna da oksidira ugljen monoksid na sobnim temperaturama i na 0° C.

Uopštenje.

Podvlačimo da postoje razne činjenice o kojima se mora strogo voditi računa i regulisati pri izvodjenju ma kog od gornjih specifičnih primera, koji su dati samo kao primeri pronalaska. Ove činjenice mogu se nazvati promenljivima, koje utiču na aktivitet dobivenog katalizatora i one će biti u kratko opisane, da bi se principi pronalaska lakše razumeli.

1. Koncentracija rastvora za luženje.

Ovo treba smatrati jednom važnom činjenicom za dobijanje katalizatora sa velikom aktivnošću. Fizički sastav proizvoda, kao što je ranije pokazano, jeste sastav u kome se pojedine čestice korodiraju, tako što se znatna količina rastvorenog materijala eliminira iz njih bez velikog smanjivanja veličine čestice. Ova šupljikava struktura mora se čuvati a nadjeno, je uopšte, da jake i intenzivne hemijske obrade teže da je razore. Otuda, važno je, da se postupak luženja izvodi sa vrlo velikom pažnjom i i uopšte preporučuje se postupna hemiska reakcija nasuprot žestokoj i jakoj. Shodno primeru 2, gore napomanutog, jedinjenje mangana se u prvom redu, obradjuje sa jako razredjenim rastvorom kiseline, na pr. 2% sumporne kiseline, pri čemu za ovim dolazi intenzivnija obrada na pr. sa 5% rastvora sumporne kiseline.

2. Temperatura luženja.

Ova činjenica treba da se reguliše s obzirom na to da se spreči suviše jaka

obrada jedinjenja, koja se luži i razbijanje fizičke strukture dobivenog jedinjenja. Prema tome, relativno niske temperature treba u glavnom da se iskorišćuju.

3. Vreme.

Ova činjenica mora da bude u odnosu sa činjenicama 1 i 2, iz istih razloga, koji su napred navedeni.

4. Odnos rastvorljivih sastojaka prema nerastvorljivim.

Očigledno je, da fizička struktura elementa ili jedinjenja, koje je načinjeno katalitično, po ovome pronalasku mora bezuslovno da zavisi od odnosa rastvorljivih sastojaka prema nerastvorljivim i materijalu, koji se podvrgava rastvaranju. Na taj način, u slučaju, koji je pokazan u primeru 2, sastav Mn_2O_3 ili $MnOMnO_2$ sadrži rastvorljiv dvovalentni i nerastvorljiv četvorovalentni mangan u molekularnoj razmeri 1:1, a luženje treba da ide za tim, da se ukloni u glavnom polovina materijala, obradjenog bez velikog umanjenja dimenzije pri proizvodjenju korodiranog katalitičkog taloga. U primeru 1, pak, molekularna razmera između rastvorljivog aluminijum oksida i nerastvorljivog oksida nikla je 1:3; početni materijal, stoga ima malu srazmeru nerastvorljivog materijala a prema tome i intenzitet lužine može se smanjiti.

5. Obrada sušenja.

Ova činjenica zavisi, po važnosti od stanja, pod kojima se početni materijal spravlja. Početni materijal se spravlja u obliku, koji se potpuno suv i zrnast. Ako se obraduje metodom taloženja, onda se to čini uopšte u vlažnom stanju. U takvom slučaju agregat, koji obrazuje početni materijal, brzo će popustiti sledećem luženju a sa tim rezultatom, što će materijal, koji izlazi iz obrade za luženje, biti u stanju, koje se ne slaže sa korodirano šupljikavom strukturom, koja se traži za katalizator velike efikasnosti, koji je proizvod ovoga pronalaska. Na pr. u slučaju nataloženog niklenog aluminata, ako se ovaj materijal podvrgava direktno luženju, verovatno je, da se može dobiti materijal, koji mada je hemiski identičan, neće imati visoku efikasnost katalizatora, po ovom pronalasku. Otuda, podvrgavajući ovaj talog sušenju, dobija se suv zrnasti materijal, koji, kada se gore opisani način luži, izlazi u korodiranim česticam, iz kojih se rastvara, u velikoj meri, oksid aluminata. U ovom slučaju sušenje se može izvoditi sa odličnim rezultatima na temperaturi,

od 100°C ili malo višoj. U slučaju niklenog hromata mora da se upotrebi nešto viša temperatura.

6. Veličina čestice katalizatora.

Nerastvorljiv proizvod, koji ostaje posle uklanjanja rastvorljivog stranog materijala, ne mora da ima specijalno malu dimenziju čestice, već je nađeno, da su u slučaju niklenog katalizatora, čestice finoće od oko 200 rupica ili manje, bolje, kada se upotrebe za hidrogenaciju u tečnoj fazi. Ali postoji minimalna granica za dimenziju čestica, koje se mogu upotrebiti po ovom pronalasku. Ova dimenzija je ona, iza koje gubitak odlazećih atoma (prema teoriji nepodmirenih valencija) neće biti neutralisan povećanom površinom, koju daju manje čestice. Tačka, na kojoj se može dobiti najbolja aktivnost proizvoda nesumljivo se može utvrditi ispitivanjem, jer za praktične svrhe je ustanovljeno, da su čestice od 200 rupica neobično zadovoljavajuće za mnoge katalize.

7. Uslovi redukovanja.

Ova činjenica dolazi samo u slučajevima kada se želi metalni katalizator. Uslovi redukovanja, kao i u slučaju kada se uzima u obzir koncentracija rastvora za luženje, najbolje se regulišu tako, što se struktura čestice tako pažljivo konstruiše, da ne može da se raspadne. Temperaturna granica redukovanja, nesumljivo zavisi od površinske strukture čestica, koje sačinjavaju materijal, koji se redukuje, a ovo, kao što je prethodno pokazano, zavisi od razmere rastvorljivih sastojaka. Na taj način se početnim materijalom, koji ima relativno veliku srazmeru rastvorljivog materijala, dovoljna je manje intenzivna redukcija, dok se početnim materijalom, koji ima relativno malu srazmeru nerastvorljivih sastojaka, mora da se upotrebi jača obrada. Prava ravnoteža između ovih činjenica biće jasna stručnjacima.

Dok su gornji primeri pronalaska dati, da bi se opisali prosti primeri, radi lakoće objašnjenja, napominjemo, da se principi pronalaska mogu izvoditi i na druge, možda, različitiije načine, nego li što su oni, pokazani u ovim primerima. U mesto da se upotrebe prosta jedinjenja, kao što je nikel i aluminium, ili nikel i hrom, može se upotrebiti i smeša jedinjenja, čiji se nerastvorljivi sastojci mogu dovoljno redukovati, da bi se dobila smeša katalitičnih materijala. Na pr. smeša nikla i aluminata može se obraditi po principima pronalaska a dobiveni nikleno-bakarni katalizator može se upotrebiti u većem broju kataliza. Sa druge strane, katalizator gvoždenog oksida, na pr.

za oksidaciju gasa cianovodonične kiseline ili svuda gde se može upotrebiti katalizator gvoždenog oksida, može se spravljati sušenjem taloga aluminata gvožđa (Fe_2O_3 , Al_2O_3) na slabo povišenoj temperaturi, na pr. 110°C, izlužujući aluminium oksid ili znatan deo istog, razblaženim rastvorom natrium hidroksida, (10% ni rastvor) na približno sobnoj temperaturi. Talog se može filtrirati, prati, presovati i na drugi način obrađivati (kao u slučaju specijalnih ranijih primera) da bi se dobio aktivni oksid gvožđa.

Pronalazak nije ograničen samo na obradu oksid-jedinjenja, već je primenljiv i na obradu sulfida ili drugih jedinjenja, koja sadrže željeni element ili kombinaciju, podesnu, da se obrade — u šupljikavo korodirano katalično stanje.

Da bi se dobilo jedinjenje, u kome su rastvorljive i nerastvorljive materije zastupljene u pravilnoj srazmeri, a koje mogu eliminirati — znatne količine nekataličnih sastojaka, da bi se mogao sprečiti katalitični talog, moguće je, u izvesnim slučajevima, podvrći nepravedne rude prostom redukovanju, namenjenom da proizvede potrebnu srazmeru sastojaka materijala. Na taj način, manganska ruda, kao piroluzit, (koji se sastoji u glavnom iz mangana dioksida- MnO_3) može se vrlo lako preobratiti u mangani oksid (Mn_2O_3) redukovanjem sa metanolom, ugljovodničnim gasom itd. Čak i niži oksidi mogu se dobiti na ovaj način ali treba imati na umu, da će stepen redukovanja uticati na sastav dobivenog materijala i o ovome, koji zavisi od odnosa rastvorljivih sastojaka prema nerastvorljivim, mora se voditi računa pri određivanju specijalnih uslova u sledećoj obradi. U obliku mangani oksida, mangan se nalazi u dvovalentnom kao i u četverovalentno obliku u kome je podesan za upotrebu kao početni materijal, koji ima da se luži. Naravno, ima i drugih manganskih materijala, koji se mogu redukovati u obliku mangani oksida kao uvod za luženje a ovi materijali se mogu spravljati i na drugi način a ne direktno iz ruda. U vezi sa tim, jasno je, da se pronalazak može primeniti na obradu Mn_2O_3 ili Mn_3O_4 , bilo da se spravlja veštački ili prirodan, na pr. kao što je braunit ili hausmanit pri čemu su ova jedinjenja korisna za obradu sa materijalom za luženje, oni su već u obliku oksida nižeg od MnO_2 i sadrže znatne količine mangana u dvovalentnom obliku. Kao što je gore pokazano odnos rastvorljivih sastojaka prema nerastvorljivim, je glavna činjenica, koja treba da se ispita pri ocenjivanju probitačnosti za upotrebu ovih jedinjenja, u ovome postupku.

Dalje za gore pokazane primere upotrebljena je tečna lužina ali dobri rezultati se mogu dobiti sa drugim rastvaračima kao što su organski rastvarači. Gasni reagensi mogu se isto tako upotrebiti, i u stvari, mogu se prilagoditi i drugi reagensi za korodiranje čestica početnog materijala na opisani način. U opšte kao što je gore rečeno, željeni sastojci početnog materijala treba da se uklone podesnim agensom bez znatnog smanjivanja dimenzija čestica i ostavljanje katalitičkog ostatka u vidu šupljikavih čestica, kao što je to opisano.

Patentni zahtevi:

1. Postupak za proizvodnju šupljikave strukture u katalitičnim česticama, naznačen time, što se obrazuje u česticama jedna masa, koja sadrži željeni katalitični sastojak i drugi sastojak, što se čestice korodiraju postepenim rastvaranjem jednog dela ovog drugog sastojka i što se zatim ukloni rastvoreni deo, pri čemu ostaje koherentan katalitični skelet u kome prevladjuje nedirnuti katalitični materijal.

2. Postupak po zahtevu 1, naznačen time što se nerastvoreni ostatak filtrira, pere, suši i lomi, ne menjajući korodiranu šupljikavu strukturu čestica ovog ostatka.

3. Postupak po zahtevu 1, naznačen time, što se u prvobitnoj masi nalaze sastojci koji sadrže metal, od kojih je sastojka bar jedan rastvorljiv u korodirajućem rastvaraču i što se nerastvoren ostatak redukuju u metalno stanje, ali tako, da se održi šupljikava struktura čestica ostatka.

4. Šupljikav katalizator nasnačen time, što sadrži čestice od kojih je jedna znatna masa uklonjena korozijom, da bi se stvorili nepravilni međuprostori, dok su nekorođirani delovi delimično oslobođeni od prvobitne mase, ali su inače ostali nepromenjeni u položaju i stanju, koje su imali pre uklanjanja mase.

5. Katalizator po zahtevu 4 ili 5, naznačen time, što je smanjena težina katalitičnih čestica, dok je njihova veličina u glavnom ostala nepromenjena.

6. Katalizator po zahtevu 4 ili 5, naznačen time, što prvobitna masa sadrži nikal i jedan drugi sastojak, koji je delimično uklonjen, i što je ostatak koji je šupljikavog oblika, redukovan, da proizvede nikal u šupljikavom obliku.