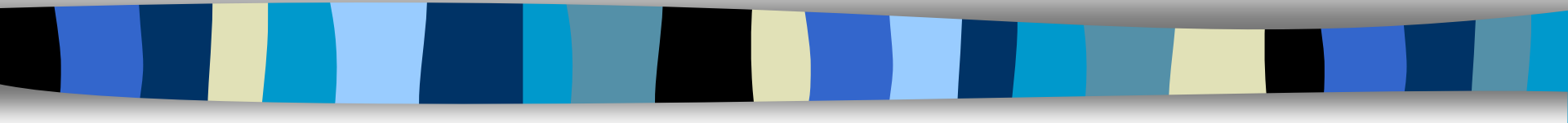
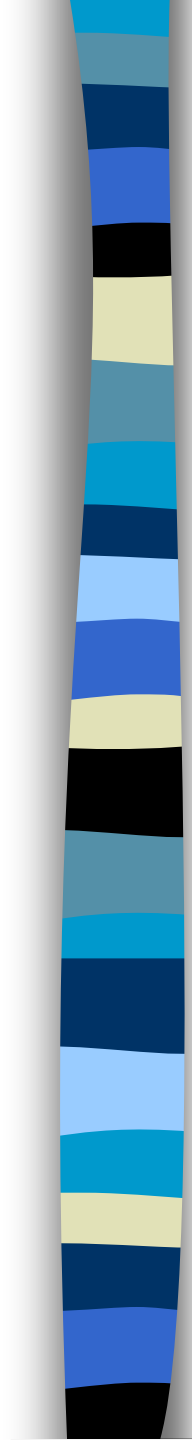


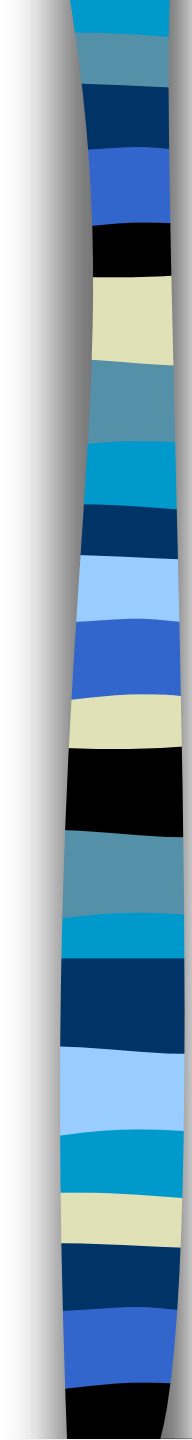
JAUHEMAALAUSTEN UUNITUS WINNOVASSA





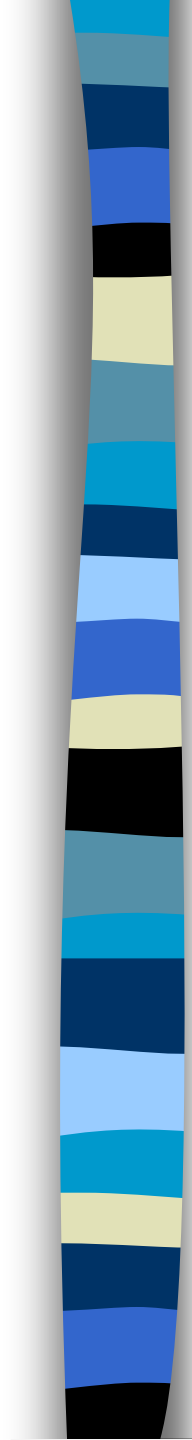
JAUHEMAALAUSTEN UUNITUS

- Jauhemaalausta seuraa aina maalattujen tuotteiden uunitus ja jäähdytys.
- Uunitus on varsin helppoa jos maali on aina samaa ja maalattavat tuotteet ovat samanlaisia ja käytetään jatkuvatoimista kuljetinta. Tällöin vain säädetään kuljettimen nopeus sellaiseksi että uunitusaika on sopiva. Uunitusta ei tarvitse miettiä.
- Jos sen sijaan sekä tuotteet että maalit vaihtuvat tiheään on uunitusta pohdittava tarkoin. Näin on yleensä aina ”rahtimaalaamoissa”.



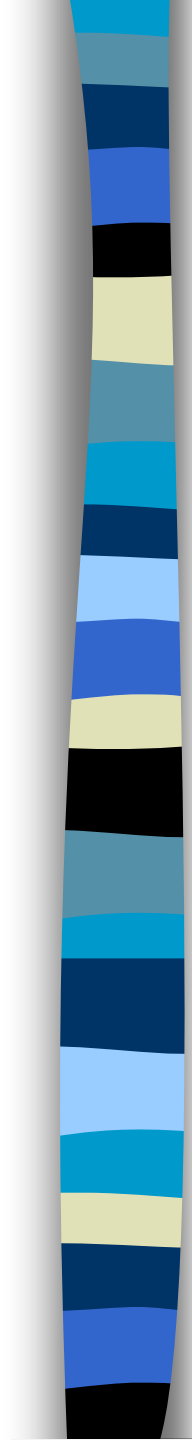
JAUHEMAALAUSTEN UUNITUS

- Väärillä uunitusajoilla maalaus voi epäonnistua. Uunitusaika ei saa missään nimessä olla liian lyhyt, koska siitä aiheutuu alipolttoa joka on paha virhe.
- Liian pitkä uunitusaika voi pilata maalausjälkeä myös, mutta ei aina. Turhan pitkä uunitusaika kuitenkin lisää ajan ja energian kulutusta ja aiheuttaa näin turhia kustannuksia.
- Jauhemaalauksessa energian kulutus on usein paljon suurempi kulu kuin itse jauhemaali. Etenkin jos uuni lämmitetään ensin kuumaksi pieniä maalauseriä varten. Jatkuvassa käytössä ei tätä alkulämmitysvaihetta ole, joten kun maalataan niin tulisi aina maalata suuria eriä kerralla.



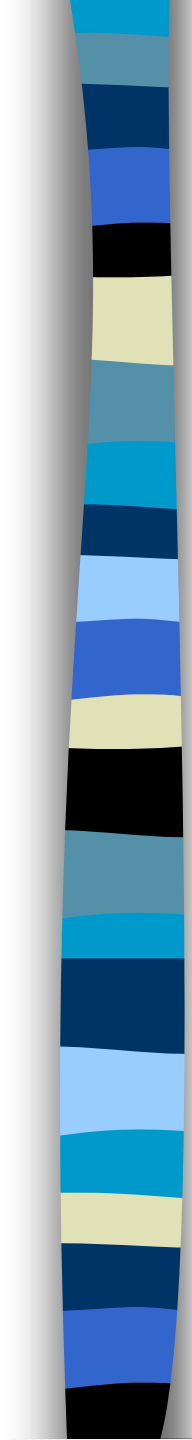
TALOUDELLINEN JAUHEMAALAAUS

- Taloudellisen jauhemaalauksen edellytykset ovat:
 - Kuljettimella on mahdollisimman paljon tuotteita
 - Uunitusaikoja ei ylitetä
 - Taukojen ajat uuni tekee työtä. Esim. jos ruokatunti on $\frac{1}{2}$ tuntia uuni täytetään ennen taukoa niin, että sitä voidaan taas tyhjentää heti tauon jälkeen.



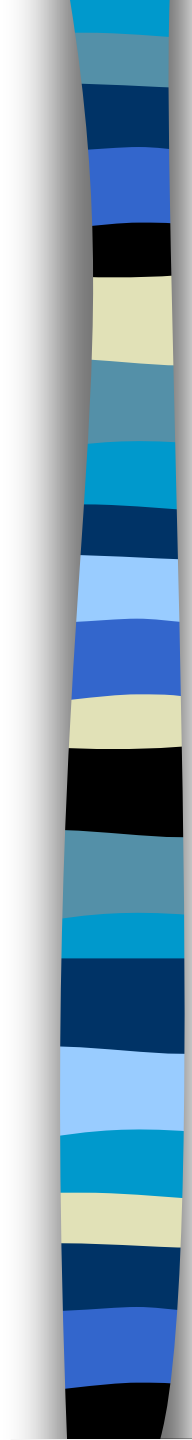
UUNIEN ENERGIAN KULUTUS

- Esimerkiksi tilanteessa jossa maalataan teräsosia joiden massa on 12 kg ja niitä mahtuu uuniin kerrallaan 5 kpl ja uunitusaika on 40 min. Uunia lämmitetään sähkövastuksilla joiden kokonaisteho on 72 kW. Oletetaan, että uuni käyttää keskimäärin 48 kW tehoa niin sähkön kulutukseksi saadaan 32 kWh uunituksen aikana. Sähkön hinta olisi näin ollen noin 3,5 euroa. Jos uuni joudutaan esilämmittämään niin energian kulutus olisi noin 80 kWh ja hinta noin 8,5 euroa. Kaasukäyttöisten uunien lämmityskulut ovat sähkökäyttöisiä pienempiä.



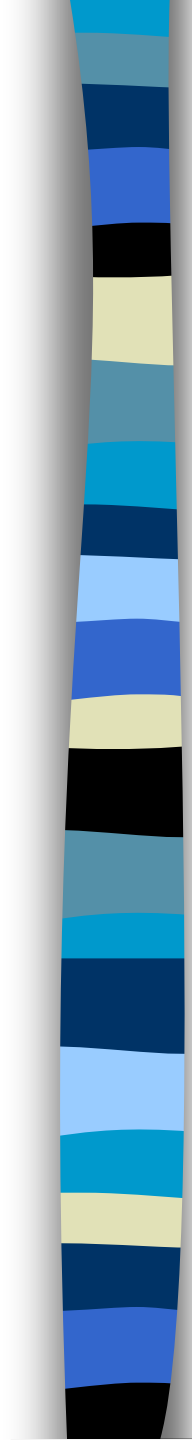
UUNIEN ENERGIAATEHOKKUUS

- Jos edellisen esimerkin mukainen teräsmäärä lämmitetään + 20 °C-asteesta +180 °C-asteiseksi olisi energian kulutus vain minimaalinen verrattuna lämmitystehtoon, noin kymmenen prosenttia.
- Näin ollen suurin osa uunin käyttämästä energiasta kuluu muuhun kuin itse tuotteen lämmittämiseen. Ja varsinkin silloin jos kuljettimella on vähän tavaraa. Hukkaan menevä energia kuluu uunin itsensä lämmittämiseen, lämpövuotoihin uunista ja kärynpoistopuhalluksen pois viemän kuuman ilman mukana. Uunit eivät ole energiatehokkaita.



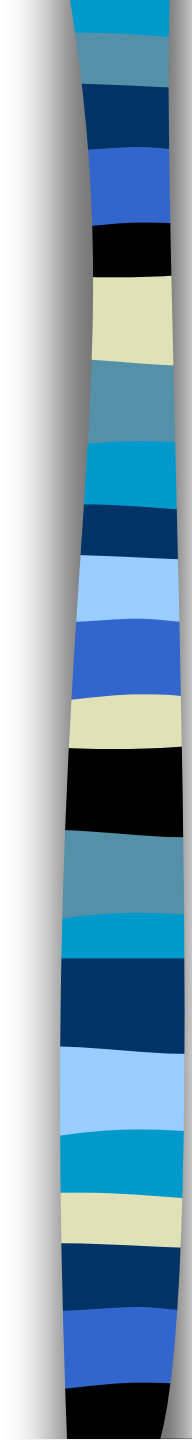
LÄMMÖN SIIRTYMINEN TUOTTEeseen KONVEKTIONAALISESTI

- Lämpöä siirtyy tuotteen osiin kaikilla kolmella lämmönsiirtotavoilla; konvektionaalisesti, johtumalla ja säteilemällä.
- Konvektionaalinen siirtyminen on tehokasta. Lämmön siirtymistä tapahtuu kuitenkin vain niissä kohdissa joihin uunin puhaltimet ilmaa tuotteen osiin puhaltavat. Mitä kovempaa puhallus on, sitä nopeammin konvektionaalinen lämmön siirtymien tapahtuu.



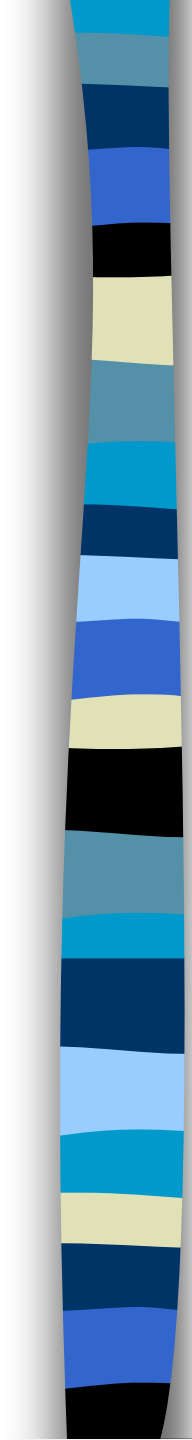
LÄMMÖN SIIRTYMINEN TUOTTEeseen JOHTUMALLA

- Koska metallit johtavat hyvin lämpöä, niin lämmönsiirtymistä tapahtuu metallia pitkin johtumalla. Näin nekin osat jotka eivät lämpene suoraan konvektionaalisesti lämpenevät, mutta kylläkin viiveellä. Lämmön siirtyminen hidastaa ulkopinnan lämpenemistä lopulliseen uunituslämpötilaan. Paksuissa tuotteissa lämpö siirtyy tuotteen pinnalta johtumalla tuotteen sisäosiin. Maalatusta pinnasta ”karkaa lämpöä” paksun tuotteen kylmempiin sisäosiin.



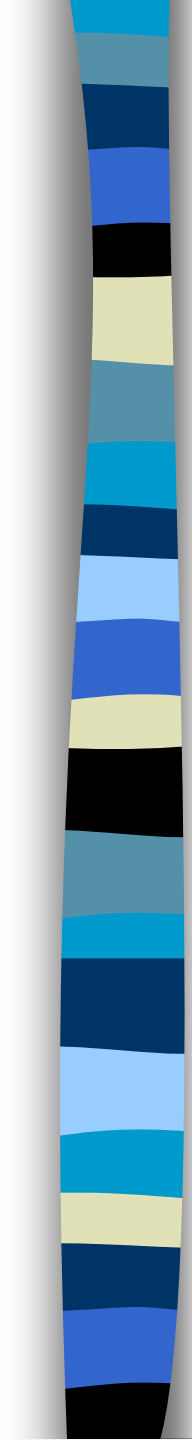
LÄMMÖN SIIRTYMINEN TUOTTEeseen SÄTEILEMÄLLÄ UUNIN SISÄLLÄ

- Koska uunin sisäosat ovat kuumia niistä säteilee lämpöä tuotteisiin. Lämpösäteily lämmittää vain niitä pintoja joihin säteily osuu.
Konvektionaalisessa uunissa lämpösäteily tasoittaa tuotteen eri osien lämpötiloja joissain määrin.
- Jos tuote on rakenteeltaan sellainen että sen sisäosat ovat ”piilossa” ilman puhallukselta mutta silti maalattuja niin niiden pintojen lämpeneminen tapahtuu ainoastaan johtumalla ja säteilyn avulla. Tuotteen omat kuumemmat pinnat säteilevät tällöin lämpöä kylmempiin sisäosiin.



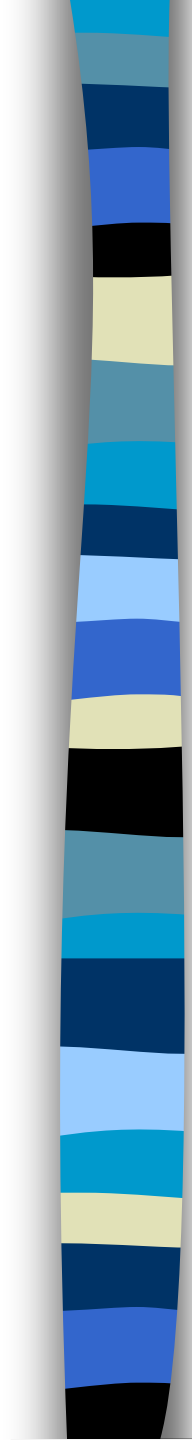
LÄMMÖN SIIRTYMINEN TUOTTEeseen SÄTEILYLÄMMITTIMILLÄ

- Jauhemaalausuneissa joissa on konvektionaalinen lämmitys voidaan käyttää lisänä tehokkaita IR-säteilijöitä. Niiden avulla tuotteiden näkyvät pinnat saadaan kuumennettua uunin alkuosassa hyvin nopeasti, jolloin uunitusaika lyhenee merkittävästi. Jos käytössä on kuljetin joka liikkuu koko ajan voidaan tällöin kuljettimen nopeutta nostaa ja näin ollen maalattavien tuotteiden määrä kasvaa. Säteilijät ovat hyviä silloin kun tuotteet ovat sellaisia ettei niissä ole piilossa olevia sisäosia.



UUNITUSAIKA

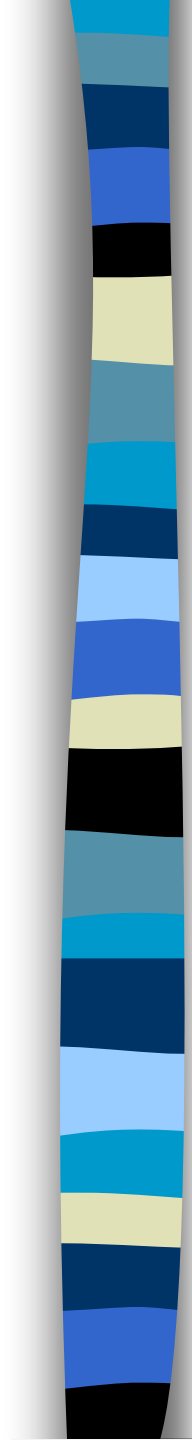
- Jauhemaaleille on ilmoitettu pakkauksessa uunitusaika tietyssä lämpötilassa. Esim. 190 °C ja 20 minuuttia.
- Tämä ilmoitettu uunitusaika tarkoittaa sitä, että maalikalvon tulee olla 190 °C lämpöinen 20 minuuttia.
- Voisi kuvitella, että kun laittaa tuotteen 190 °C uuniin 20 minuutiksi niin uunitus hoituu. Näin ei kuitenkaan ole. Aikaa lisäävät monet tekijät.



UUNITUSAIKAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tuotteen lämpeneminen uunituslämpötilaan

Kun maalattu tuote tulee uuniin se alkaa lämpenemään uunituslämpötilaan. Lämpenemiseen vaikuttavat tuotteen materiaalipaksuus, tuotteen muoto ja sijainti uunissa. Lämpenemisaika on lisättävä uunitusaikaan jotta tuotteet tulevat varmasti uunitettua riittävästi. Se miten pitkä lämpenemisaika on, on aika hankala selvittää, mutta mahdollista kuitenkin. Jos maalattavana on isoja sarjoja sitä voidaan tutkia joko kappaleisiin kiinnitettävillä liuskoilla tai osoittavalla lämpömittarilla kun ovet ovat auki.



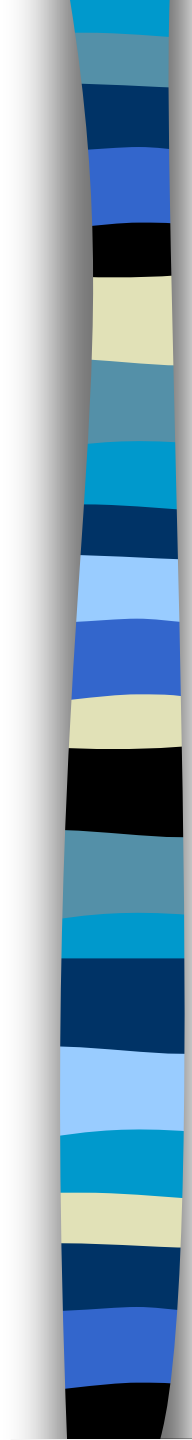
UUNITUSAIKAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Materiaalin paksuus

Kun materiaalipaksuus lisääntyy lämpeneminen hidastuu. Pääsääntönä voidaan pitää, että jos uunitusaika on 1 mm levyllä 25 min, niin 2 mm levyllä se on 30 min ja jokaista lisääntyvää mm kohti lisätään uunitusaikaa 5 min. 4 mm levyllä uunitusaika olisi siis 40 min.

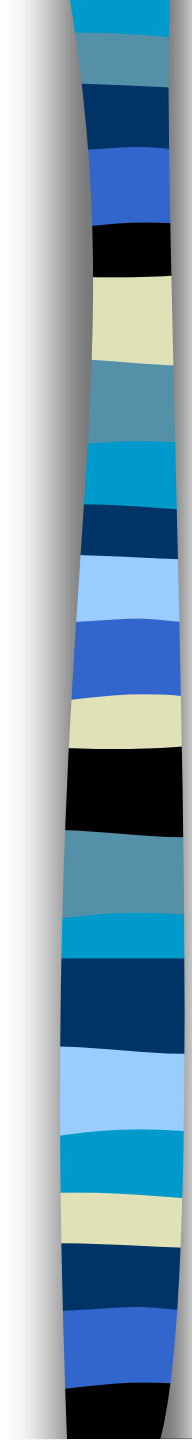
Mikä olisi uunitusaika 10 mm levyllä?

Materiaalin paksuudesta johtuva uunitusajan lisäys on tehtävä tuotteen paksuimman osan mukaan.



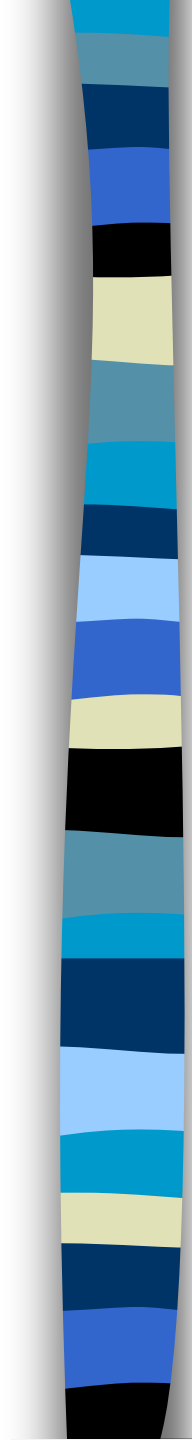
UUNITUSAIKAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT; TUOTTEEN MUOTO

Jos tuotteen muoto on sellainen, että konvektionaalisessa uunissa puhaltimien puhaltama kuuma ilma liikkuu kaikkien pintojen yllä on lämpeneminen nopeaa. Jos taas tuotteessa on osia missä ilma ei liiku, niin lämpeneminen hidastuu. Hankalan mallisten tuotteiden kohdalla kannattaa uunitusaikaa lisätä tapauskohtaisesti. Lisättävän ajan arviointi ei ole kovin helppoa. Hankalan mallisten tuotteiden asentoa muuttamalla voidaan usein vaikuttaa paljonkin lämpenemisnopeuteen. Ilman tulisi liikkua hyvin paksuimpien osien kohdalla.



UUNITUSAIKAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT; TUOTTEEN MUOTO

Esimerkiksi jos tuote on lähes umpinainen ja tuotteen sisäosissa on massiivisia osia ja ulkokuori ohutta levyä on uunitusaikaa lisättävä paljon, koska ilma ei kierrä kunnolla sisäosissa ja sisäosien lämpeneminen on hidasta. Jos taas sisäosissa on ohutta levyä ja ulkokuori on massiivinen, niin sisäosien vuoksi uunitusaikaa ei tarvitse lisätä, koska se lämpenee kuitenkin riittävästi vaikka ilma ei juurikaan kiertäisi sen ympärillä.

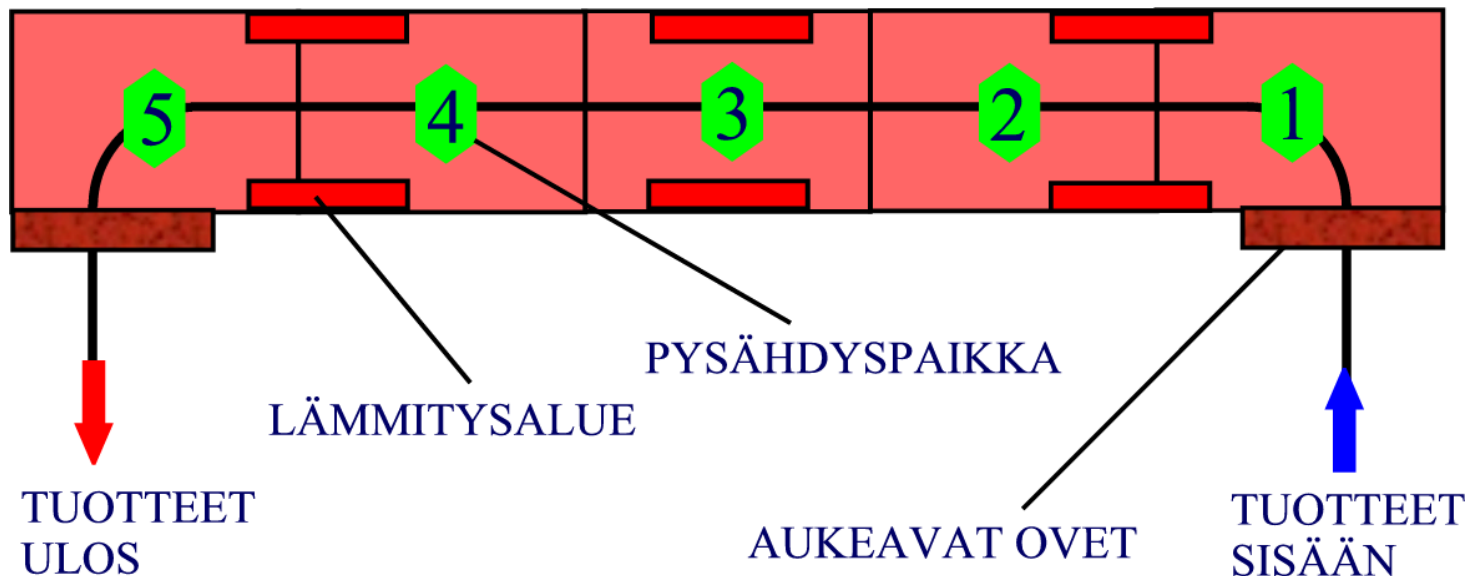


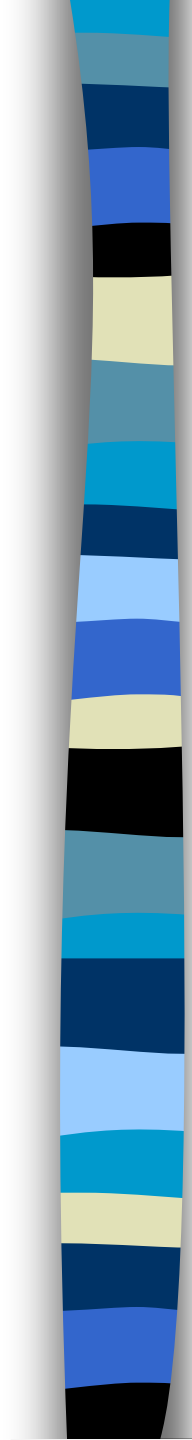
UUNITUSAIKAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT: TUOTTEEN SIJAINTI

Ilman kierto uunin lattian rajassa on vähäisempää kuin mitä se on uunin yläosissa. Jos tuotteen osia kulkee lähellä uunin lattiarajaa on uunitusaikaa lisättävä tapauskohtaisesti. Yleensä noin 5 minuuttia jos tuotteet eivät ole massiivisia. Uuneissa on alueita joissa puhaltimet puhaltavat suoraan kuumaa ilmaa tuotteiden pintaan. Näissä kohdissa lämpeneminen on nopeaa. Uunin kohdissa joissa ilma ei puhalla suoraan tuotteiden pintaan lämpeneminen hidastuu ja uunitusaika pitenee koska pinnan lämmön nousu hidastuu.

UUNITUSAIKAAN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT: TUOTTEEN SIJAINTI

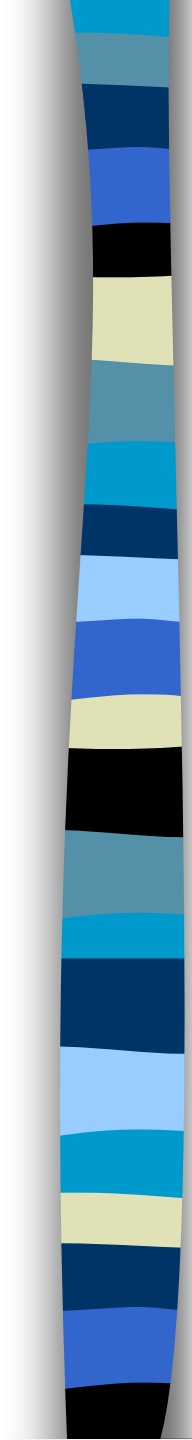
Kuva 9. Uuni jossa tuotteita siirretään jaksottain toimivalla kuljettimella. Uunissa on kolme lämmitysaluetta ja viisi pysähdyspaikkaa. Lämpeneminen ei ole tasaista uunin eri osissa. Se on hidasta pysäytyskohdissa 1 ja 5, nopeampaa kohdissa 2 ja 4 ja tehokkainta kohdassa 3. Jotta tuotteille saadaan tasaiset uunitukset on niitä pidettävä yhtä pitkään jokaisessa pysäytyspaikassa.





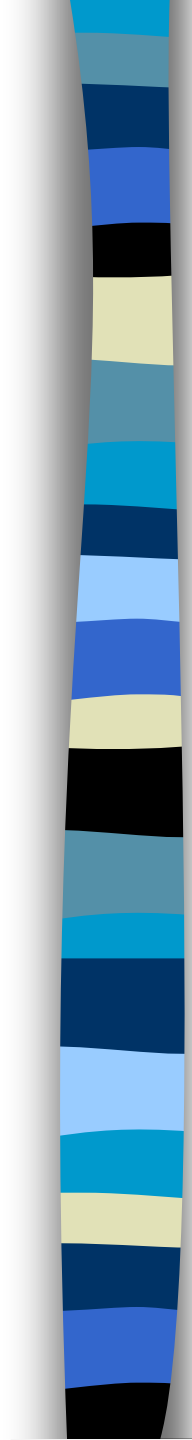
UUNITUSAIKAVIRHEET; YLIPOLTTO

- Uunitusaika voi olla liian pitkä, jolloin kyseessä on ylipoltto. Ylipoltto ei aina aiheuta virheitä maalikalvoon, mutta kuluttaa kuitenkin turhaan aikaa ja energiaa ja siten lisää kustannuksia.
- Ylipoltto aiheuttaa lähinnä epoksimaaleille virheitä jotka ovat yleensä aina värimuutoksia. Usein, mutta ei aina, tuotteet voidaan korjata uudelleen maalaamalla joka sekin tietysti lisää paljon kustannuksia. Ylipoltto on kuitenkin selvästi pienempi virhe kuin alipoltto. Todella pitkäaikainen ylipoltto voi pilata jauhemaalikalvon rakenteen.



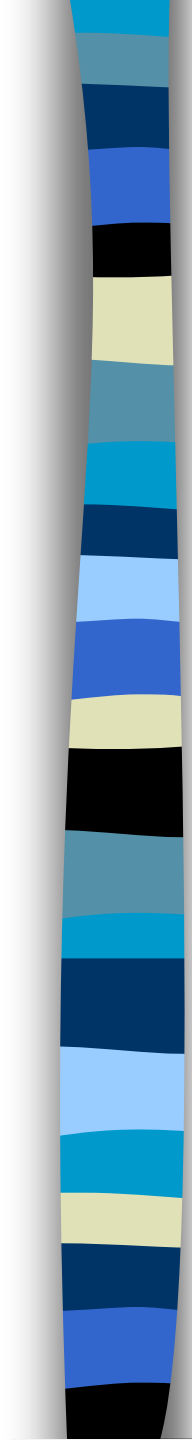
UUNITUSAIKAVIRHEET; ALIPOLTTO

- Alipoltossa uunitusaika on ollut liian lyhyt eikä jauhemaalikalvosta ole tullut kestävää. Maalipinta näyttää hyvältä, mutta se ei kestä iskuja vaan lohkeaa palasina pienenkin iskun voimasta. Mattajauheet kiiltävät liikaa jos uunitusaika on ollut liian lyhyt.
- Alipoltettua jauhemaalausta ei yleensä voi jäähtymisen jälkeen enää korjata uudella uunituksella. Yrittää silti kannattaa; voi onnistuakin. Pahimmillaan alipoltto johtaa tuotteiden romuttamiseen. Maalin poisto on niin hankalaa, ettei sitä kannata edes yrittää.



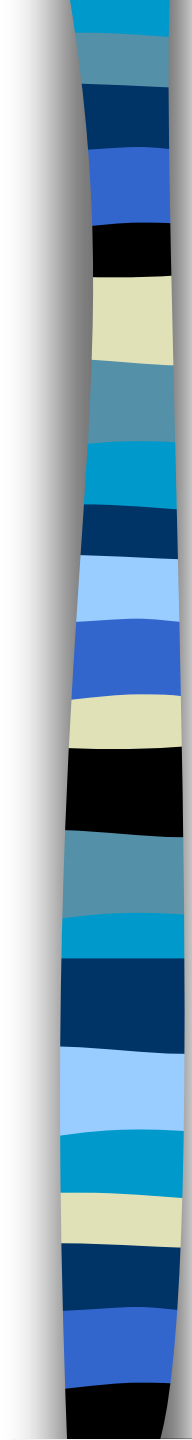
UUNITUSAIKA: JAUHEEN VAIKUTUS

- Epoksijauhe on herkkä kellastumiselle jos sitä uunitetaan liian pitkään. Jopa muutaman minuutin liian pitkä uunitusaika kellastuttaa vaaleita maaleja hieman ja tuotteisiin tulee värieroja. Tummissa värierot eivät niin helposti heti näy, mutta muuttavat myös väriään.
- Polyesterijauhe ei ole kovin herkkä uunitusajan ylitykselle, minkä vuoksi sen uunittaminen on helpompaa. Aikaa voi yleensä ylittää paljonkin tummilla sävyillä. Vaaleilla noin 1/3 normaalista uunitusajasta. Polyesterilakkakin voi kellastua uunitusajan ylityksestä melko helposti. Lakkojen välillä on eroja. Toiset kellastuvat helpommin.



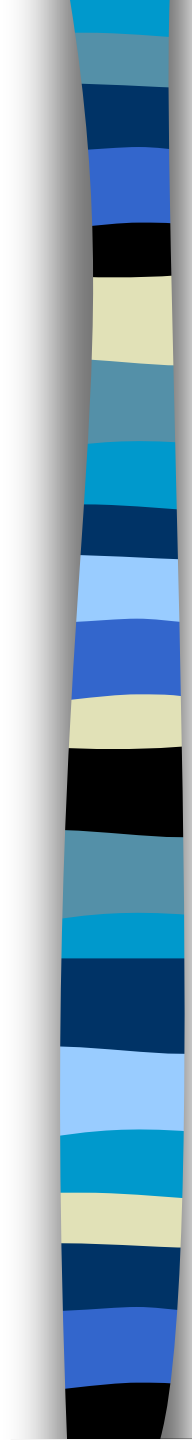
UUNITUSAIKA: JAUHEEN VAIKUTUS

- Epoksi-polyesterilakka on uunitusjan tarkkuuden suhteen epoksin- ja polyesterin väliltä.
- Matat maalit mattaantuvat riittävän uunituksen vaikutuksesta. Jos niitä uunitetaan epätasaisesti tulee niihin kiiltoeroja vaikka alipolttoa ei olisikaan. Maaleissa on keskinäisiä eroja.
- Eri maalinvalmistajien tuotteiden välillä on eroja maalin vaikutuksesta johtuvien uunitusvirheiden herkkyyden suhteen vaikka maalit ovatkin tyypeiltään samoja.



UUNITUSAIKA: JAUHEEN VAIKUTUS

- Epoksi-, epoksipolyesterimaaleja- ja lakkoja ei voida käyttää sellaisille tuotteille joissa on hyvin eripaksuisia osia. Ohuet osat kellastuvat ennen kuin paksut osat ovat uunituneet riittävästi. Tämä koskee erityisesti vaaleita jauheita.
- Mattamaalit voivat jäädä kirjaviksi jos niissä on hyvin eripaksuisia osia. Ohuet osat ovat mattoja ja paksut kiiltävät enemmän. Tähän auttaa hyvin pitkä uunitusaika paksuimman pinnan mukaan.



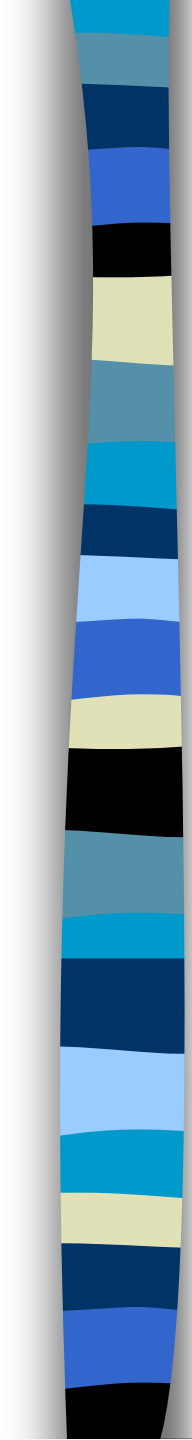
UUNITUSAIKA; LÄMPÖTILAN VAIKUTUS UUNITUSAIKAAN

- Normaali lämpötila asetus on 180 °C. Nostamalla lämpötilaa 10 °C uunitusaikaa voidaan lyhentää kolmella minuutilla ja nostamalla 20 °C uunitusaikaa voidaan lyhentää kuudella minuutilla. Jatkuva säätäminen on kuitenkin hankalaa, joten sitä ei yleensä käytetä. Liika lämpö myös aiheuttaa helpommin värimuutoksia kuin liian pitkä uunitusaika.
- Jos maalattavat tuotteet ovat massiivisia ja / tai maalataan mattajauheilla säätämistä kannattaa usein käyttää näissä tapauksissa. Näin saadaan uunitusaikaa lyhennettyä huomattavasti.

UUNITUSAIKA ERI JAUHEILLE

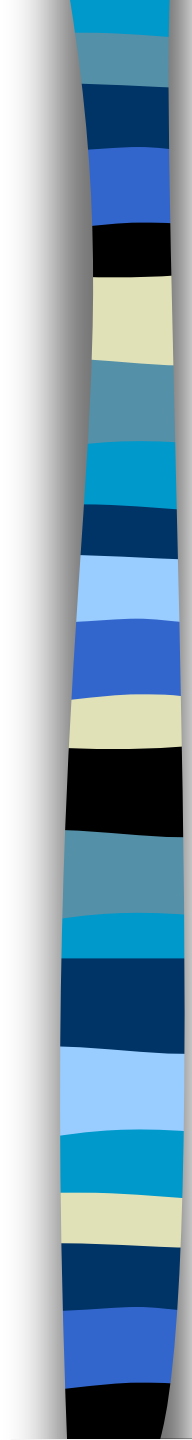
- Tavanomaisille käytössä oleville jauheille voidaan käyttää seuraavia uunitusaikoja 1 mm paksuille materiaaleille. Oletus on, että tuotteiden muoto ei haittaa uunittumista eivätkä ne kulje lähellä lattian rajaa. Kuljetinta ajetaan tasavälein niin että uunitusaika jaetaan viidellä. Lämpötila on 180 °C.

JAUHE	UUNITUSAIKA
Sekajauhe	25
Polyesteri	25
Epoksi	20
Epoksi-polyesteri	22
Lakka	20
Mattajauhe	50



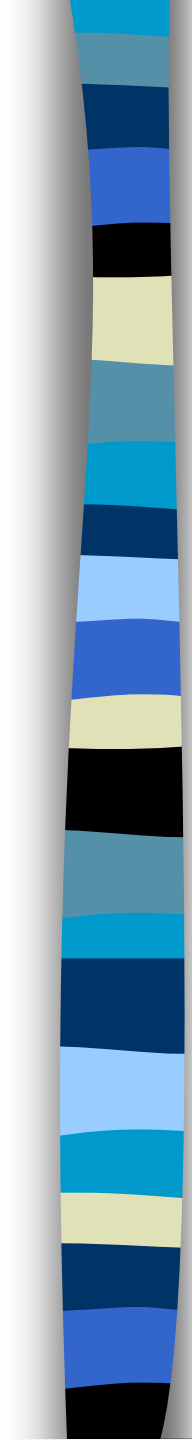
UUNITUSAJAN LISÄYS ERI TAPAUKSISSA

- 1 mm paksuuden lisäys lisää aikaa 3 min
- Piilossa olevat sisäosat lisäävät aikaa 10 min
- Lähellä lattiaa kulkevat osat lisäävät aikaa 10 min
- Kun maalataan tuotteita niin että jokaisella pysäytyspisteellä on maalattuja osia on kuljetinta ajettava tasaisin välein eteenpäin pysäytyspisteestä toiseen. Jos uunitusaika on esim. 40 minuuttia tuotteet ovat silloin jokaisessa viidessä pysäytyspisteessä 8 min.



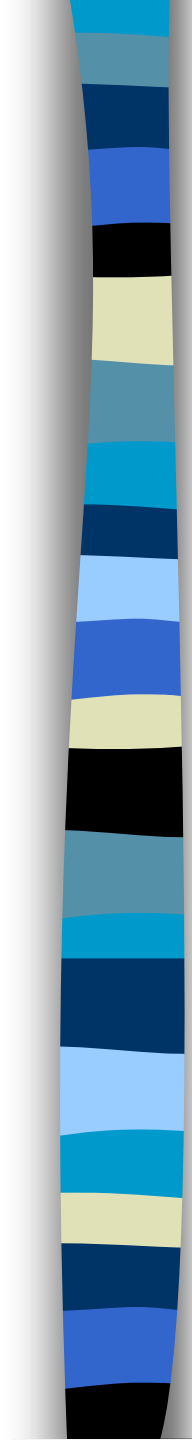
UUNITUSAIKA SINKKIJAUHEILLE

- Sinkkijauhe voidaan uunittaa kerralla valmiiksi jos sen päälle ei tule pintamaalikerrosta. Tällöin noudatetaan maalin valmistajan uunitusohjetta ja huolehditaan siitä ettei alipolttoa tule.
- Jos sinkkimaalin päälle tulee pintamaali on se syytä uunittaa ensin lyhyen ajan sen verran että jauhe sulaa pintaan märäksi kerrokseksi. Tämän jälkeen tuotteet poistetaan uunista alipoltettuina ja niiden päälle ruiskutetaan pintamaali ja sen jälkeen tuotteet uunitetaan uudelleen valmiiksi niin ettei alipolttoa tule.



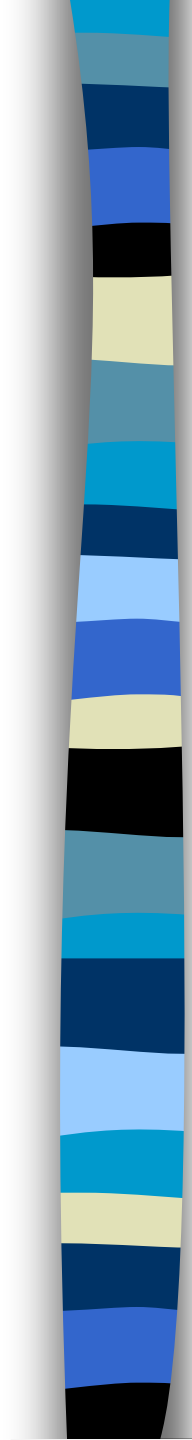
UUNITUSAIKA SINKKIJAUHEILLE

- Syynä tällaiseen uunitukseen on se, että sinkkijauheet ovat yleensä epoksijauheita ja jos ne uunitetaan kunnolla ennen pintamaalausta niiden pintaan ei enää pintamaali tartu kunnolla.
- Kun käytetään sinkkimaaleja pohjamaaleina on syytä tehdä koemaalauksia joissa varmistetaan sinkkimaalin tartunta alustaan ja pintamaalin tartunta sinkkimaaliin valmiista tuotteesta. Eri maalinvalmistajien tuotteiden tartuntakyvyissä on eroja, joten testit tulee tehdä jos käytettävät maalit tai maali vaihtuu.



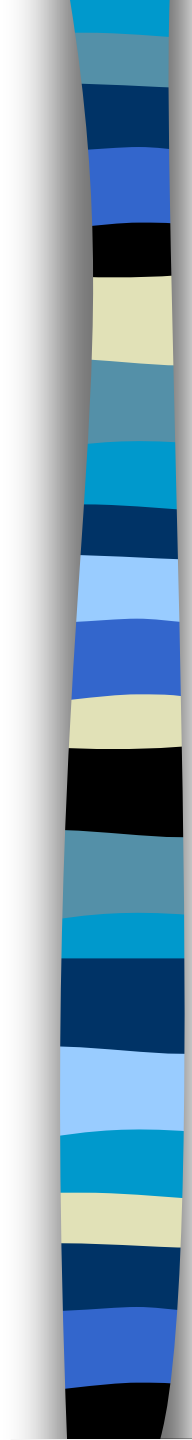
UUNITUSAIKA PUR-JAUHEILLE

- Kun maalaus tehdään polyuretaanijauheilla on varmistettava, että tuotteen uunituksessa pinnan lämpötila nousee 200 C-asteeseen uunituksen aikana ja uunitusaika on riittävän pitkä. Yleensä tämä edellyttää uunin lämpötilan säädön nostoa selvästi yli 200 C-asteen. Winnovan uunissa lämpötila on säädettävä 220 C-asteeseen ja uunitusaikaa saa ylittää ja on syytä ylittää 20 min maalinvalmistajan ohjeesta. Pitkäkin ajan ylitys ei auta jos lämpötila on ollut liian alhainen.
- Jos uunituslämpötila on ollut liian alhainen maalipinta näyttää uutena hyvältä ja on kiinni alustassakin. Jos tuote menee myöhemmin pakkaseen maali voi alkaa halkeilemaan.



PINNAN LÄMPÖTILAN MITTAMINEN

- Kun maalattu tuote on uunissa kohdassa 2, sen pinnan lämpötilaa voidaan mitata avaamalla ovi ja tämän jälkeen käyttämällä kohdistettavaa lämpömittaria. Näin saadaan selville se aika joka kuluu pinnan lämpötilan nousuun uunituslämpötilaan.
- Lämpötilaa on syytä mitata monesta kohdasta. Se kohta joka lämpenee hitaimmin on se joka määrää lopullisen uunitusajan. Jos tämän kohdan lämpeneminen kestää esim. 10 min on lopullinen uunitusaika maalin ohjeen mukainen aika + 10 min.



TUOTTEIDEN JÄÄHDYTYKSI

- Uunitetut tuotteet pitää jäähdyttää ennen kuin niihin voidaan koskea. Kuumaan tuotteeseen jää kosketuksesta jälkiä. Ohuet tuotteet jäähtyvät nopeasti itsekseen. Massiivisten jäähtymistä voidaan nopeuttaa ilmapuhalluksella. Kuumaan maalipintaan ei saa tulla pölyä koska se tarttuu siihen kiinni.

Kun maalaaminen lopetetaan voidaan tuotteet jättää joissakin tapauksissa kuumaan uuniin. Tällöin jälkilämpö vastaa noin 20 minuutin uunistusta. Maaleja joihin tulee helposti värimuutoksia ei voi jättää kuumaan uuniin. Avaamalla uunin ovet se jäähtyy nopeasti.