Projektiraportti:

REWITEC GmbH
Cranachstraße 7
D-35578 Wetzlar

Tutkimus RVS Technology® -geelin tehosta

Kirjoitettu joulukuussa 2003:

Kirjoittaja: DI Markus Haid

1 Sisällysluettelo

1 Sisällysluettelo

2 Yhteenveto

Lähtötilanne

Projektin tavoite

Yhteenveto

3 Toimenpiteet

Ennakkotutkiminen

Käsittely

Testiajo

Jälkitutkiminen

Moottorin toiminta ilman öljyä

Valosten optiset mittaukset

Toisen ajoneuvon puristuspainetesti

4 Mittaustulokset ennen käsittelyä

4.1 Puristuspainemittaus

4.1.1 Yleistiedot autosta

4.1.2 Mittaustulokset käsittelyn jälkeen

4.2 Pinnanmittaustulokset ennen käsittelyä

5 Mittaustulokset RVS Technology® -geelin käytön jälkeen

5.1 Puristuspainemittaus

5.1.1 Yleistiedot autosta

5.1.2 Mittaustulokset käsittelyn jälkeen

5.2 Pinnanmittaustulokset käsittelyn jälkeen

5.3 Käyttö ilman öljyä

6 Muut mittaustiedot

6.1 Valosten optisen mittauksen tulokset

6.2 Toisen ajoneuvon puristuspainetesti

7 Yhteenveto

2 Yhteenveto

Lähtötilanne

RVS-Tec Oy, Suomi, on RVS Technology® -geelin ja muiden RVS Technology® -tuotteiden valmistaja sekä patentti- ja tavaramerkkioikeuksien omistaja.

REWITEC GbmH on patentoidun RVS Technology® -geelin yksinoikeudella toimiva jakelija Saksassa. Geeliä voidaan käyttää bensiinimoottorien kunnostukseen. Tässä tapauksessa kunnostuksella tarkoitetaan käsiteltävien komponenttien materiaaliin tehtäviä muutoksia.

Projektin tavoite

Tällä projektilla oli tarkoituksena tutkia RVS Technology® -geelin toimivuutta testiajoneuvossa. REWITEC GmbH:n RVS Technology® -geeli on tarkoitettu kunnostamaan komponenttien kitkapintoja muodostamalla keraamisen kerroksen käsiteltyjen metallipintojen kidehilan päälle.

Yhteenveto

REWITEC GmbH teki Fraunhofer Technology Development Groupille toimeksiannon testaRVS Technology® -geelin toimivuuden selvittämiseksi.
Tarkoitusta varten REWITEC GmbH käsitteli sen kanssa yhdessä valitun testiajoneuvon moottorin RVS Technology® -geelillä. Sen jälkeen tutkittiin, oliko ajoneuvossa tapahtunut käsittelystä johtuvia muutoksia. Tutkimukset muodostuivat moottoritesteistä ja moottorilohkon pintojen tutkimuksista, joita tehtiin ennen geelin käyttöä ja sen jälkeen. Testiajoneuvon RVS Technology® -geelillä tehdyn käsittelyn suorittivat REWITEC GmbH:n asiantuntijat Fraunhofer Technology Development Groupin valvonnan alaisena.

Fraunhofer Technology Development Groupin tätä tutkimusta varten tekemät toimenpiteet perustuivat kokemuksiin, jotka ovat kertyneet lukuisten asiakaslähtöisten tuoteratkaisuprojektien myötä.

Systemaattinen ja askel askeleelta -lähestymistapa – ml. REWITEC GmbH:n luovuttama erittelylista – varmistivat, että yhtiö pysyi tietoisena tapahtumista koko ajan.

3 Toimenpiteet

Ennakkotutkiminen

Ennakkotutkimisvaiheessa valittiin testiajoneuvo suuresta määrästä eri ehdokkaita. Valintaprosessi tapahtui tiiviissä yhteistyössä toimeksiantajan kanssa, joka on lopullisessa vastuussa valinnasta.

Tämä tutkimuksen vaihe sisälsi puristuspainemittaukset, jotka teki Böblingenin tekninen tarkastuslautakunta (=TÜV). Lisäksi moottorilohko otettiin irti ja sen pinta tutkittiin.

Ennen käsittelyä ja sen jälkeen saadut mittaustiedot muodostavat yhdessä pohjan evaluoida RVS Technology® -geeliä osana tätä projektia.

Osana ennakkotutkimista asiakas hankki myös testiajoneuvolle liikennekelpoisuussertifikaatin.

Käsittely

Testiajoneuvon RVS Technology® -geelillä tehdyn käsittelyn suoritti ammattitaitoinen henkilökunta REWITEC GmbH:sta.

Testiajo

RVS Technology® -geelin käyttöohjeiden mukaisesti ajoneuvolla ajettiin 2000 km testiajoa. Toimeksiantaja suoritti matkan ja kirjasi sen huolellisesti muistiin Fraunhofer Technology Development Groupin valvonnan alaisena. Moottoriin ei sallittu minkäänlaisia muutoksia tänä aikana.

Jälkitutkiminen

Tämän tutkimuksen jälkitutkimisvaihe sisälsi jälleen Böblingenin teknisen tarkastuslautakunnan (=TÜV) tekemät puristuspainemittaukset sekä käsitellyn moottorin lohkon irrottamisen ja sen pintojen tutkimisen.

Jälkitutkimisvaiheessa saatua mittaustietoa käytettiin pohjana vertailtaessa sitä ennen käsittelyä tehdyissä mittauksissa saatuun tietoon.

Moottorin toiminta ilman öljyä

Seuraavassa vaiheessa tutkittiin moottorin joutokäyntiominaisuuksia ilman öljyä, jotta voitiin evaluoida RVS Technology® -geelillä tehdyn käsittelyn vaikutuksia.

Valosten optiset mittaukset

Fraunhofer Technology Development Group teki myös optiset mittaukset, jotka olivat alkuperäisen tutkimustoimeksiannon ulkopuolella. Tässä prosessissa tehtiin joka sylinteristä valokset käyttäen Heraeus Kulzerin valmistamaa polyoksilaanivinyyliä PROVIL®novo. Valosten avulla voitiin tehdä pintojen ominaisuuksien laatuvertailuja (ennen RVS Technology® -geelin käyttöä ja sen jälkeen).

Toisen ajoneuvon puristuspainetesti

Fraunhofer Technology Development Group mittasi alkuperäisen tutkimustoimeksiannon ulkopuolella lisäksi myös toisen auton puristuspaineiden muutoksia: Ford Fiestan puristuspainearvot tutkittiin alkuperäisten testisarjojen ulkopuolella.

4 Mittaustulokset ennen käsittelyä

4.1 Puristuspainemittaus

4.1.1 Yleistiedot autosta

Valmistaja	Ford	Moottorityyppi	Bensiinimoottori
Ajoneuvotyyppi	Escort 1.4	Teho	Ks. Mittauslogi kW / min^{-1}
Valmistenumero	WFOAXXGCAALS51024	Iskutilavuus	1368 cm3 (ks. Ajoneuvon rekisteröintitiedot)
Vaihteisto	Käsivalintainen	Omapaino	875 kg

Kuva 4-1: Yleistietoa testiajoneuvosta

Kuva 4-2: Ford Escort -testiajoneuvo, valmistettu 1990 (ajoneuvo vasemmalla, moottori oikealla)

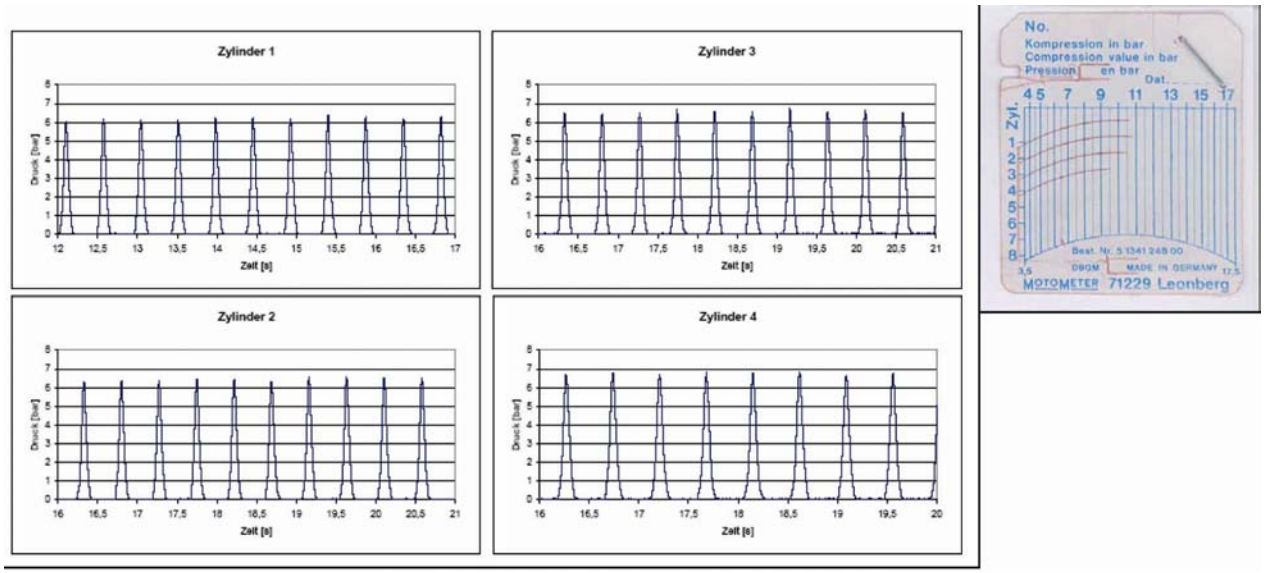
Kuva 4-3: Digitaalikuva Ford Escortin moottorilohkosta ennen käsittelyä (sylinteripintojen hoonausjäljet hyvin selvät)

4.1.2 Mittaustulokset ennen käsittelyä

Mittaussarja 1: Ennen käsittelyä

Ajokilometrilukema: 19 441 kilometriä

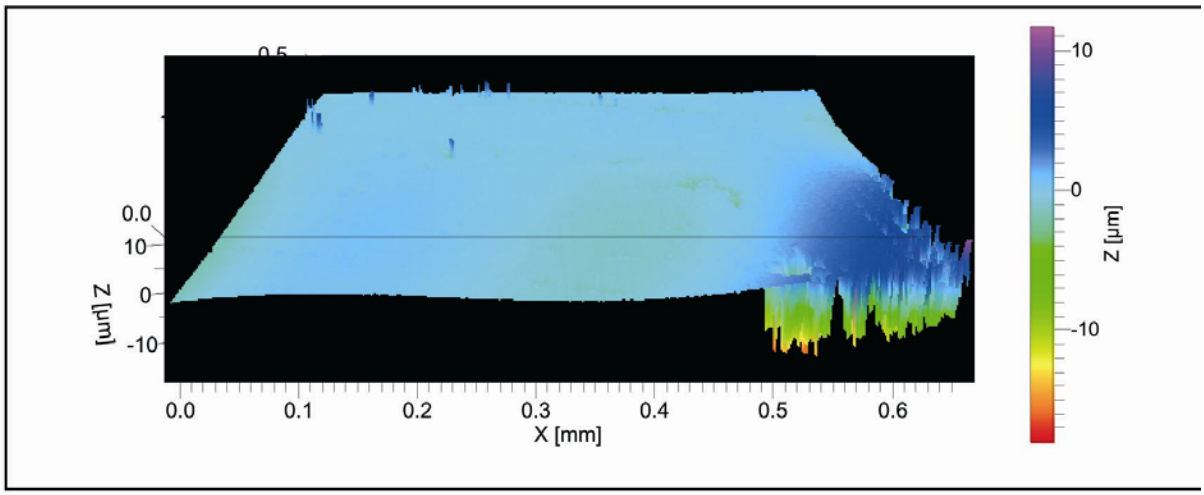
Teho: 54 kW



Kuva 4-6: Puristuspainemittausten tulokset (digitaalimittaukset vasemmalla, analogiset ylh. oik.)

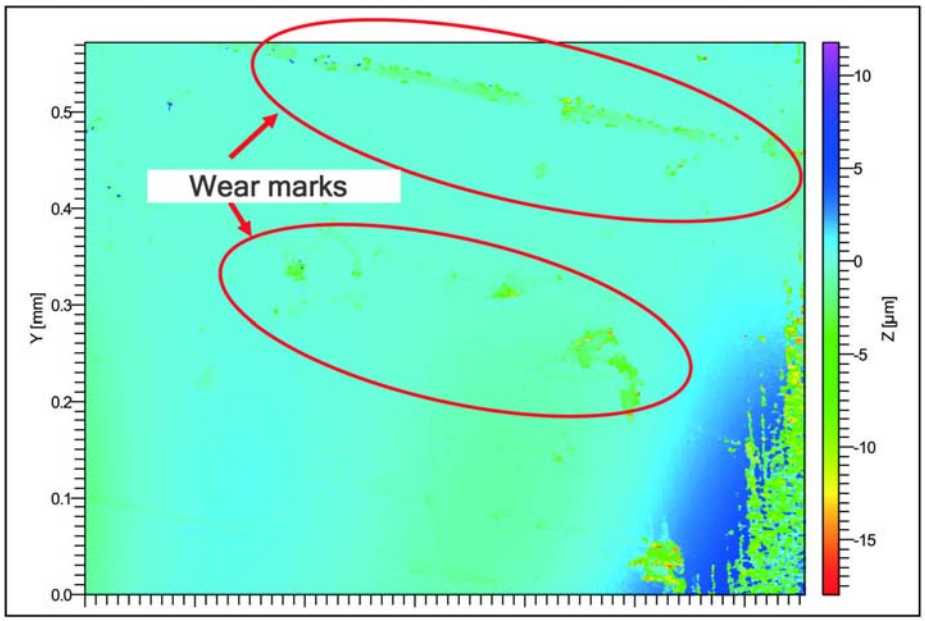
Böblingenin teknisen tarkastuslautakunnan (=TÜV) ennen RVS Technology® -geelin käyttöä tekemät puristuspainemittaukset (mittarilukema 19 441 km) antoivat arvot, jotka on esitetty Kuvassa 4-6. Keskimääräinen huipun arvo on 6,5 baarin alueella. Kahden mittaustekniikan tulosten väliset erot johtuvat tekniikoiden luonteesta. Ne molemmat ovat kuitenkin koeteltuja ja testattuja menetelmiä evaluoida arvoja.

4.2 Pinnanmittaustulokset ennen käsittelyä

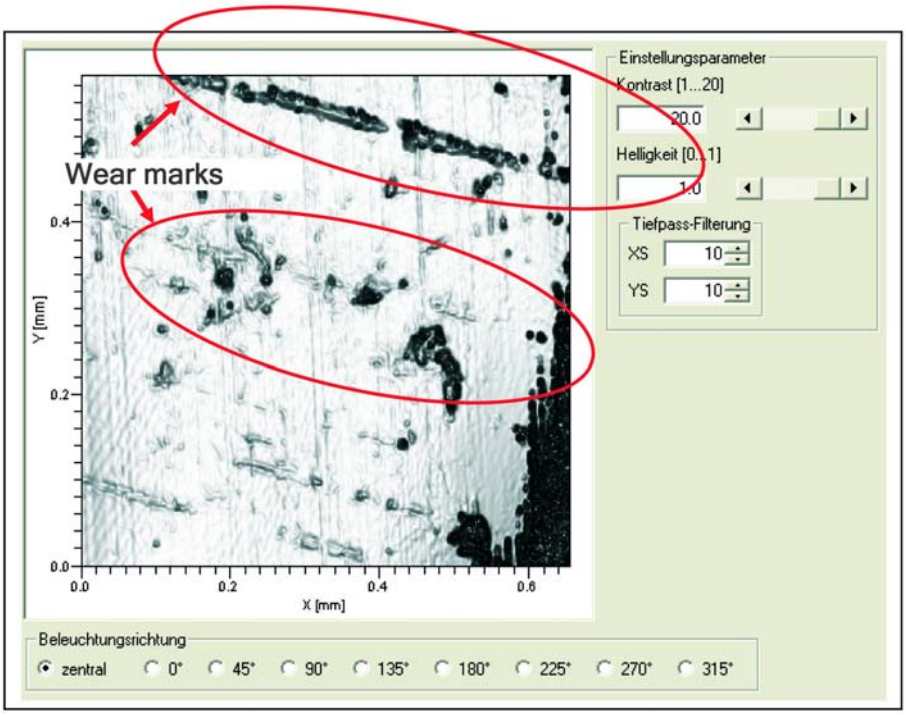


Kuva 4-7: 3-ulotteiset mittaukset sylinterinseinämästä käyttäen valkovalointerferometriä

Kuva 4-7 esittää 3-ulotteisen esityksen sylinterin pinnasta kuvattuna valkovalointerferometrimenetelmällä. Kuvissa 4-8 ja 4-9 kyseinen kuvattu alue on esitetty ylhäältä päin ilman keinovaloa ja keinovalon kanssa.

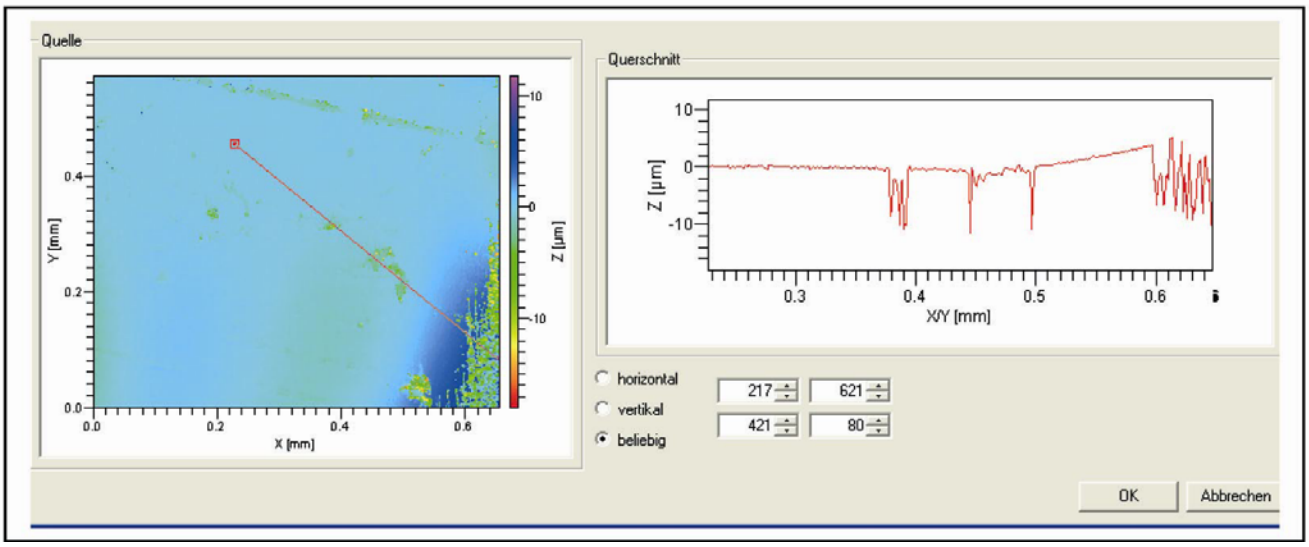


Kuva 4-8: Sylinterin seinämä kuvattuna (ylhäältäpäin) valkovalointerferometrillä



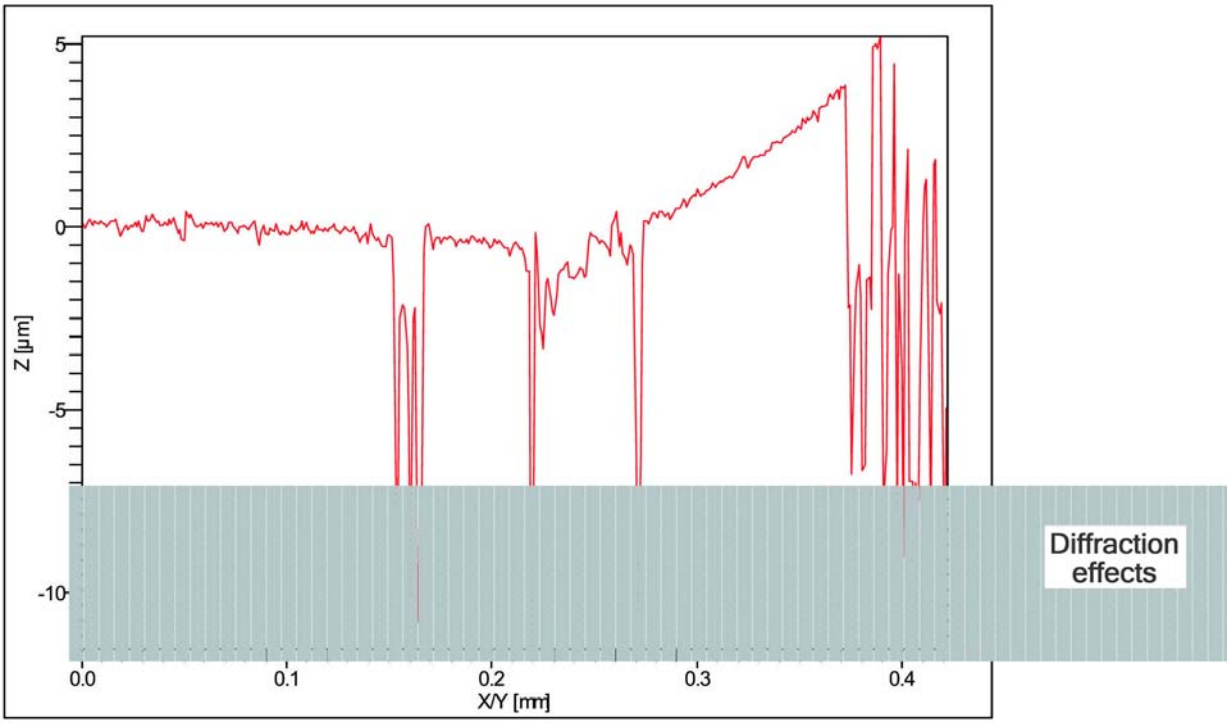
Kuva 4-9: Sylinterin seinämä kuvattuna (ylhäältäpäin) valkovalointerferometrillä (keinovalolla)

Sylinteripinnan optinen analyysi ei paljasta merkittäviä vauriomerkkejä. Kyseessä on sileä sylinterin pinta, jossa näkyy vähäisiä aksiaalisia uria. Niiden määrä on hyväksyttävissä rajoissa.



Kuva 4-10: Valkovalointerferometrimenetelmällä otettu poikkileikkauskuva

Kuvat 4-10 ja 4-11 antavat tarkat poikkileikkauskuvat, joista voidaan tutkia jälkien rakenne ja suunta. Jälkien todellinen maksimisyvyys on 8 µm. Sitä suuremmiksi esitetyt syvyydet johtuvat mittaustekniikan epätarkkuuksista (diffraktiovaikutus) (R_a = 6.6 / R_z = 0.83).



Kuva 4-11: Valkovalointerferometrimenetelmällä otettu poikkileikkauskuva (zoom)

Valkovalointerferometrillä tehdyt mittaukset varmennettiin myös tuntomittauksin.

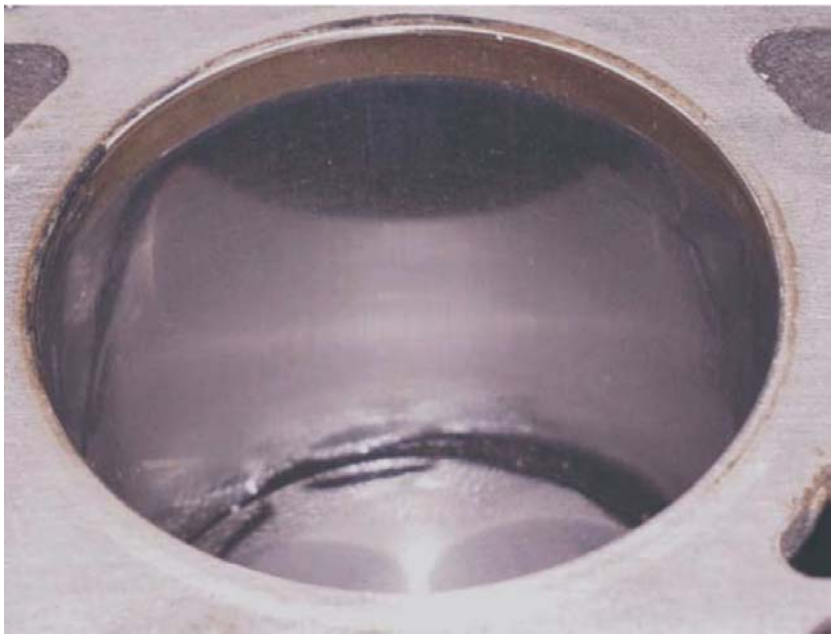
5 Mittaustulokset RVS Technology® -geelin käytön jälkeen

5.1 Puristuspainemittaus

5.1.1 Yleistiedot autosta

Valmistaja	Ford	Moottorityyppi	Bensiinimoottori
Ajoneuvotyyppi	Escort 1.4	Teho	Ks. Mittauslogi kW / min^{-1}
Valmistenumero	WFOAXXGCAALS51024	Iskutilavuus	1368 cm3 (ks. Ajoneuvon rekisteröintitiedot)
Vaihteisto	Käsivalintainen	Omapaino	875 kg

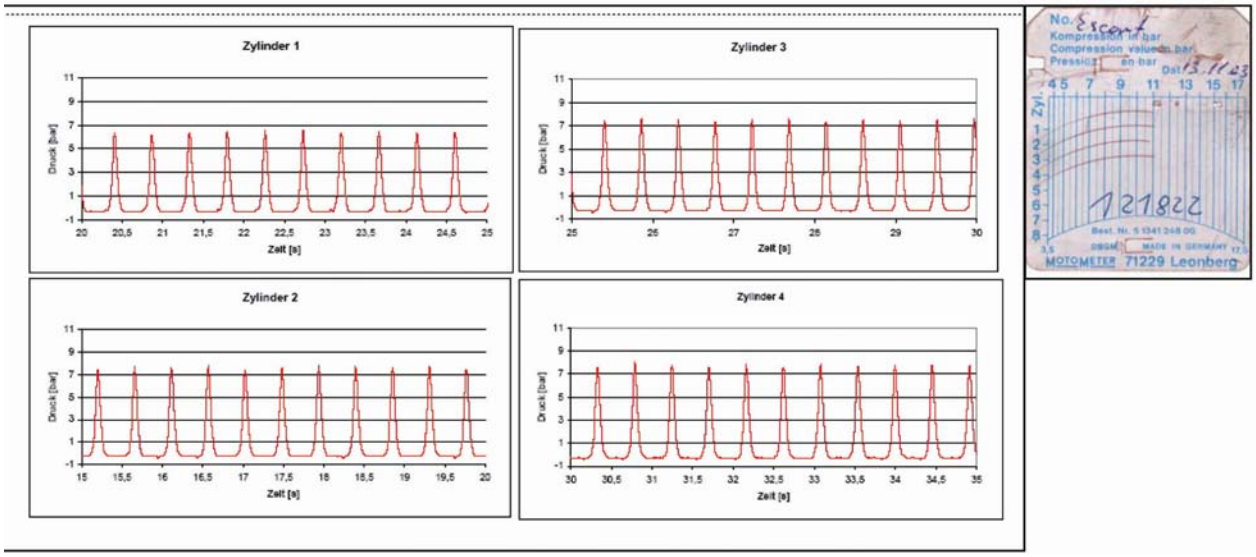
Kuva 5-0: Yleistiedot testiajoneuvosta



Kuva 5-1: Digitaalikuva Ford Escortin moottorilohkosta käsittelyn jälkeen (pinnan muutokset ovat selkeästi nähtävissä)

5.1.2 Mittaustulokset käsittelyn jälkeen

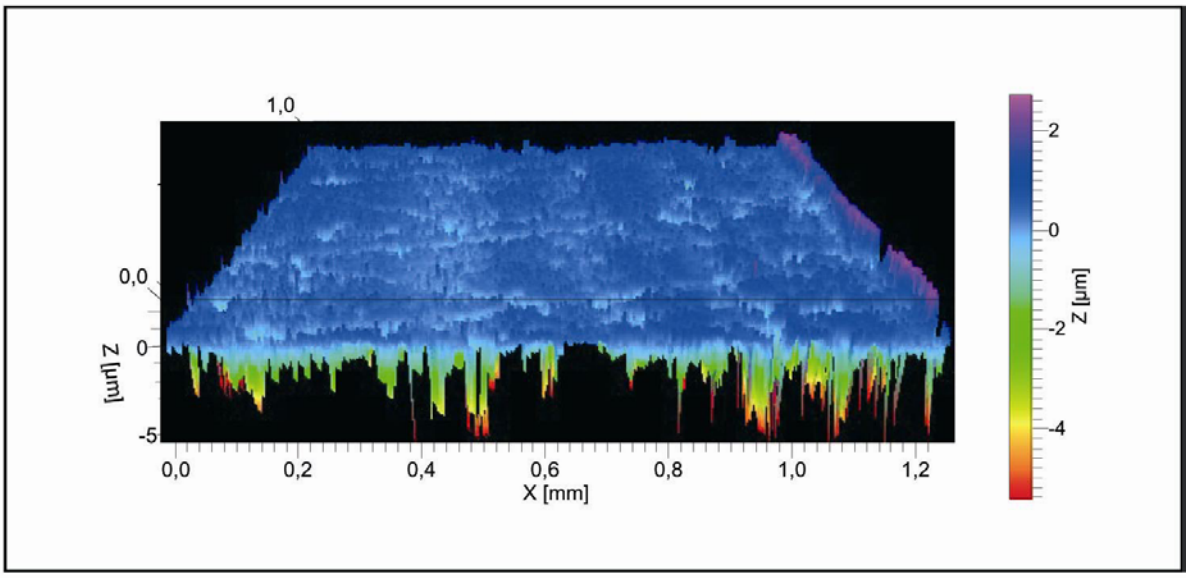
Mittaussarja 2:	Käsittelyn ja yhtämittaisen, hieman yli 2000 km:n ajon jälkeen
Ajokilometrilukema:	21 623 kilometriä
Teho:	54 kW



Kuva 5-2: Puristuspainemittaustulokset

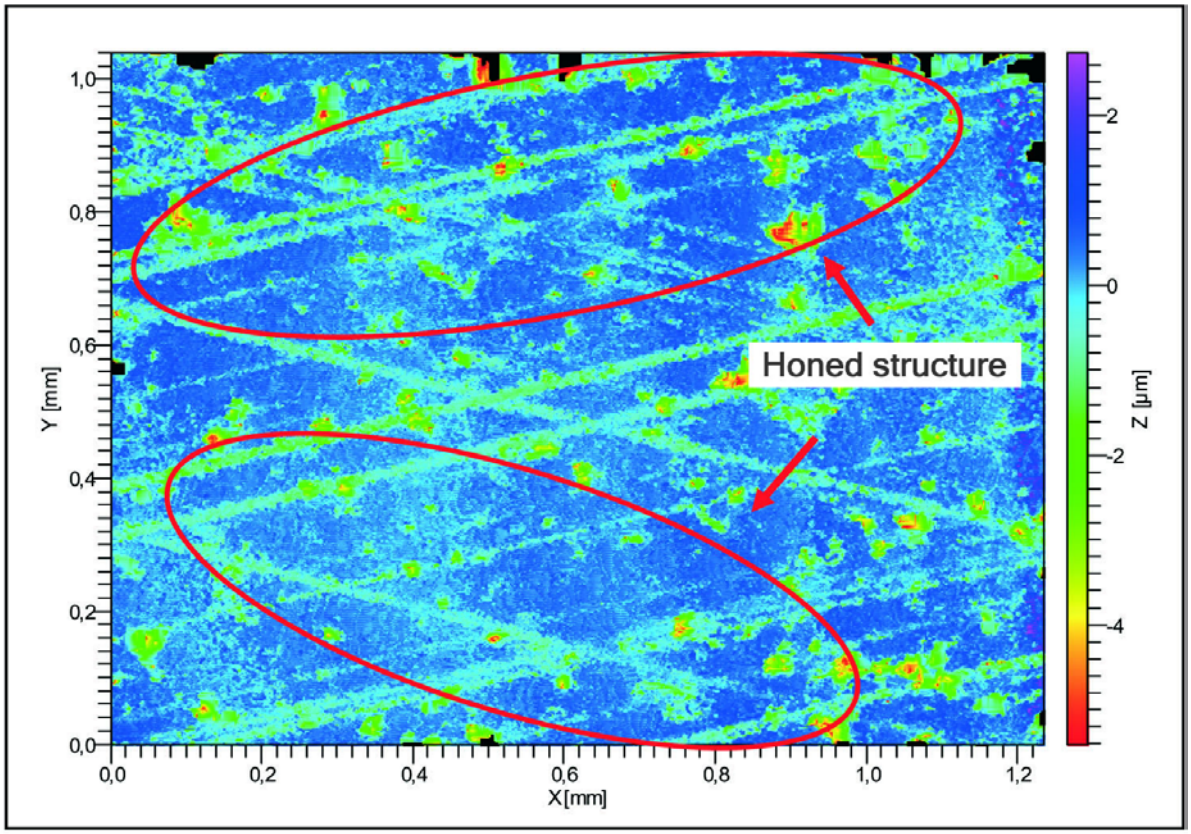
Böblingenin teknisen tarkastuslautakunnan (=TÜV) tekemät puristuspainemittaukset RVS Technology® -geelin käytön ja sitä seuranneen yhtämittaisen käytön jälkeen mittarilukeman ollessa 21 623 km osoittivat lukuja, jotka on esitetty Kuvassa 5-2. Keskimääräinen huippuarvo on 7,3 baarin alueella, mikä osoittaa puristuspaineen huomattavaa parantumista. Puristuspaineen voidaan todeta nousseen n. 12 %. Sen vahvistavat analogisten mittausten tulokset. Kahden mittaustekniikan tulosten erot johtuvat tekniikoiden luonteesta. Molemmat ennen/jälkeen -vertailut kuitenkin osoittavat, että puristuspaineet ovat käsittelyn tuloksena parantuneet.

5.2 Pinnanmittaustulokset käsittelyn jälkeen



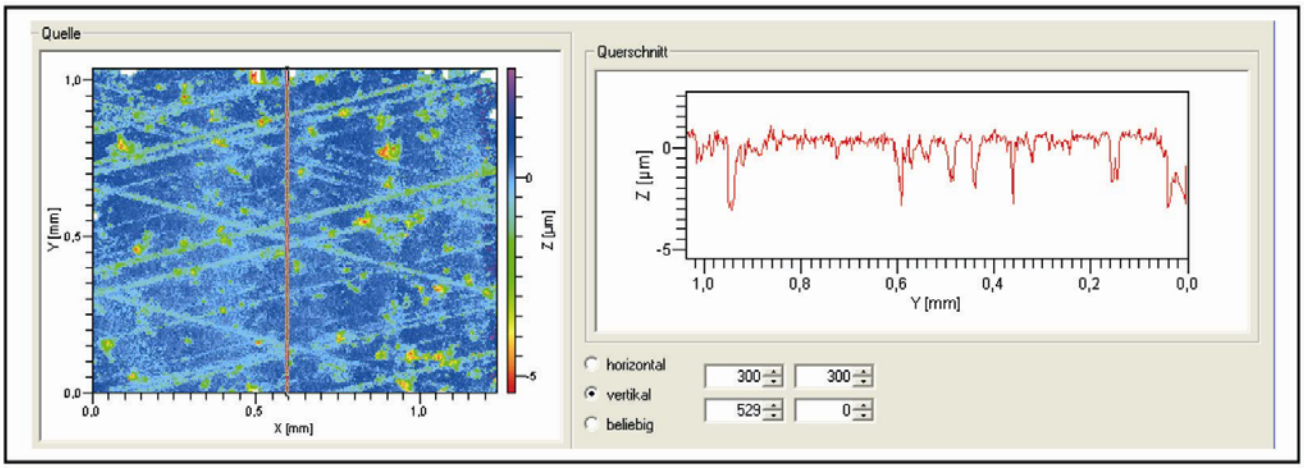
Kuva 5-3: 3-ulotteiset mittaukset sylinterinseinämästä käyttäen valkovalointerferometriä

Kuva 5-3 esittää 3-ulotteisesti sylinterin pintaa valkovalointerferometrimenetelmällä kuvattuna. Vastaava alue ylhäältä päin kuvattuna on esitetty Kuvassa 5-4.



Kuva 5-4: Sylinterin seinämä kuvattuna (ylhäältäpäin) valkovalointerferometrimenetelmällä

Nämä kuvat osoittavat sylinterin pinnan rakenteen. Pinnassa on selkeästi tyypillinen hoonausjälki.



Kuva 5-5: Valkovalointerferometrimenetelmällä otettu poikkileikkauskuva

Kuvat 5-5 antavat tarkat poikkileikkauskuvat, joista voidaan tutkia jälkien rakenne ja suunta. Näiden jälkien syvyys on 2 - 3 µm (R_a = 1.2 / R_z = 0.12).

Valkovalointerferometrillä tehdyt mittaukset varmennettiin myös tuntomittauksin.

Kuvien 5-4 ja 4-8 mittaustulosten vertailu todistaa materiaalikerroksen olemassaolon paksuudella 4-5 µm. Värisävyt ilmaisevat maksimisyvyyden olevan 8-9 µm Kuvassa 4-8 ja 3-4 µm Kuvassa 5-4. Ero on RVS Technology® -geelin käytön ansiota. Esitysskaalan muutos (perustuu syvimpään jälkeen) paljastaa hoonausjäljet myös toisessa mittaussarjassa.

5.3 Käyttö ilman öljyä

Ilman öljyä toteutettua moottorin käyttöä tutkittiin osana tätä tutkimusta. Analyysivaiheen jälkeen moottorista laskettiin öljy pois.

Moottoria käytettiin joutokäynnillä testiä varten yhden tunnin ajan.

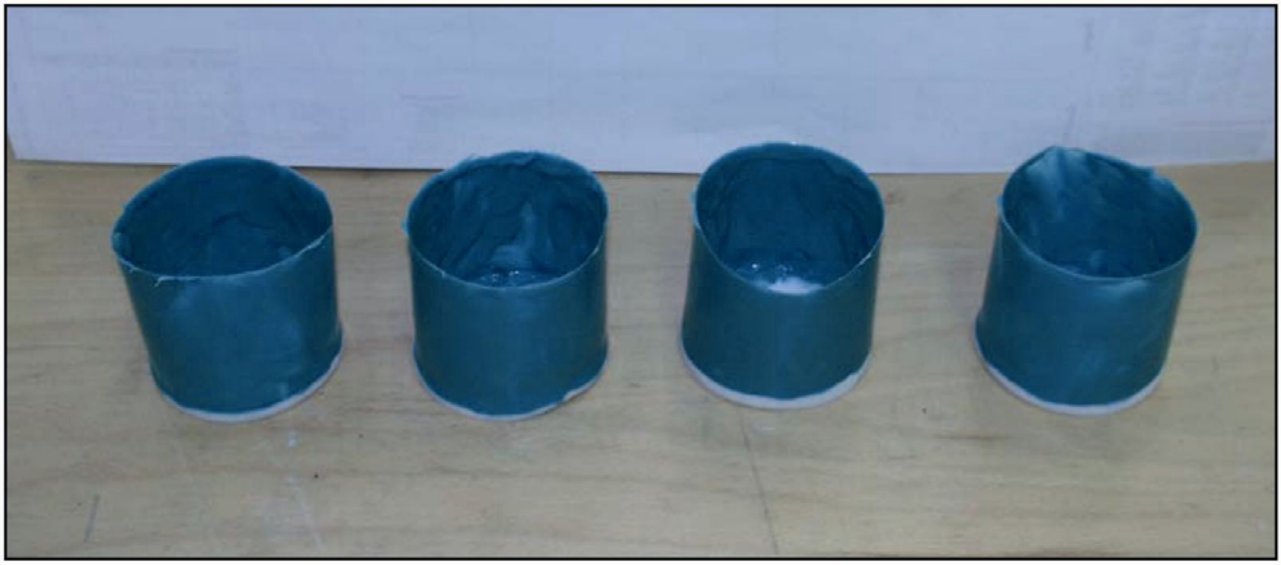
Kyseisen kuormittamattoman tunnin ajon ajan moottori kävi tasaisesti ja sen käyntilämpötila pysyi tasaisena. Testi vahvistaa RVS Technology® -geelin käytön ansiosta syntyneen metallikeraamisen pintarakenteen olemassaolon.

6 Muut mittaustiedot

6.1 Valosten optisen mittauksen tulokset

Fraunhofer Technology Development Group teki myös optiset mittaukset tämän tutkimuksen alkuperäisen aiheen ulkopuolelta. Tässä prosessissa joka sylinteristä tehtiin valos käyttäen Heraeus Kulzerin valmistamaa PROVIL®novo-vinyyliä. Valoksilla voitiin tehdä vertailuja pinnan laadusta ennen RVS Technology -geelin käyttöä ja sen jälkeen.

Kuvat 6-1 ja 6-2 näyttävät neljä sylinterivalosta, jotka on tehty ennen RVS Technology® -geelin käyttöä ja sen jälkeen.
Tämä testi on tarkoitettu ainoastaan pintarakenteen laadun muutosten arvioimiseen. Sylinterinpinnat osoittivat parantumista vähentyneiden kulumisjälkien muodossa.



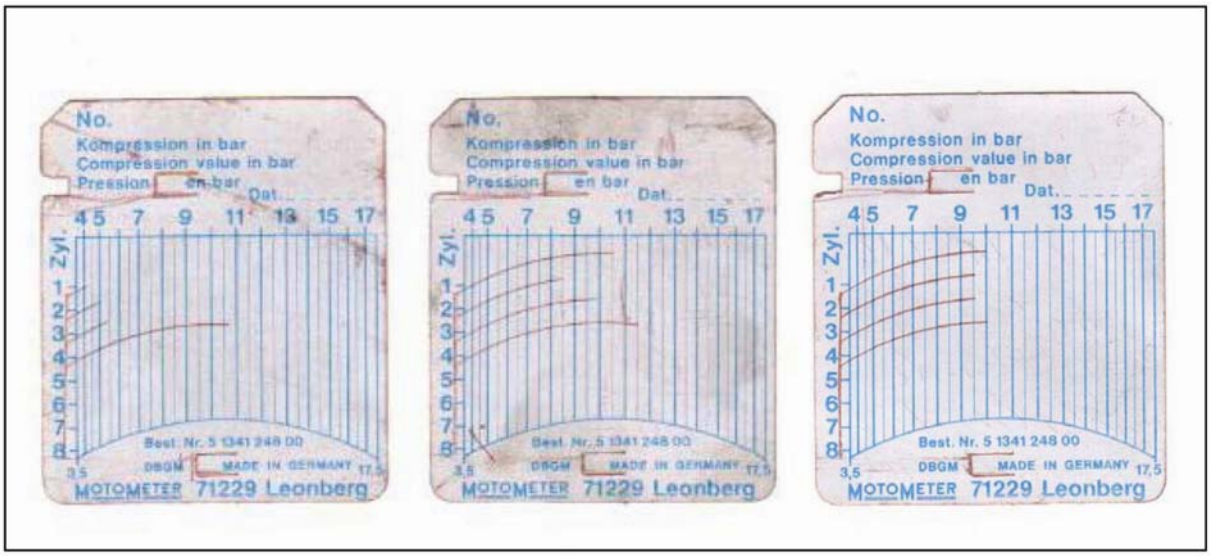
Kuva 6-1: Sylinterivalokset ennen käsittelyä

Kuva 6-2: Sylinterivalokset käsittelyn jälkeen

6.2 Toisen ajoneuvon puristuspainetesti

Fraunhofer Technology Development Group mittasi muutoksia myös toisella ajoneuvolla tämän tutkimuksen varsinaisen osan ulkopuolella: Ford Fiestan (valmistettu tammikuussa 1988, iskutilavuus 1098 cm^3, teho 36 kW) puristuspainearvoja tutkittiin alkuperäisten testisarjojen ulkopuolella.

Tämä piti sisällään testiajoneuvosta ennen RVS Technology® -geelin käyttöä ja sen jälkeen otettujen puristuspainetietojen vertailuja.



Kuva 6-3: Puristuspainetietoja Ford Fiestasta (vas.: ennen käsittelyä; kesk.: käsittelyn jälkeen; oik.: 5000 kilometrin ajon jälkeen)

Tämän testi tulokset osoittavat selkeää RVS Technology® -geelin käytöstä johtuvaa parantumista testiajoneuvon puristuspaineissa vain yhden tunnin joutokäynnin jälkeen. Sylinterien 1—3 puristuspaine nousi arvoista 4—6 arvoihin 8,5—10,5, mikä on merkittävä parannus kolmen sylinterin puristuspaineiden keskiarvossa (keskellä oleva diagrammi). 5000 kilometrin testiajomatkan jälkeen on selkeästi havaittavissa sylinterien 2 ja 3 edelleen parantuneet puristuspaineet sekä kaikkien sylinterien yleisesti tasaisempi toiminta.

Testiajomatkan aikana pakoputkesta havaittiin tulevan kondenssivettä.

7 Yhteenveto

Fraunhofer Technology Development Groupin tekemän tutkimuksen perusteella voi tehdä seuraavat johtopäätökset:

- REWITEC GmbH:n RVS Technology® -geeliä käyttämällä tehdyn kunnostuksen osana testisarjojen aikana kulumisjäljet vähenivät noin 50 % noin 5 µm:n vahvuisen materiaalikasvun vuoksi. Geelin käytöstä syntynyt lasinen keraaminen pinta on havaittavissa paljain silmin.

- Kunnostuksen jälkeen moottoria voidaan käyttää ilman öljyä vähintään yksi tunti (tähän tutkimukseen testin kestoksi valittiin tämä aika). Moottorin todettiin toimivan tasaisesti tämän ajan. Täten testi vahvistaa RVS Technology® -geelin käytön ansiosta syntyneen pintarakenteen olemassaolon.

- Moottorin puristuspaineella mitattuna RVS Technology® -geelin käyttö paransi huomattavasti toisen testiajoneuvon toimintaa, sillä yksittäisissä sylintereissä saavutettiin huomattavan suuret puristuspainearvojen parannukset. Tällä toisella ajoneuvolla tehdyt lisätestit vahvistivat siten RVS Technology® -geelin käytön jälkeen havaitun puristuspaineiden parantumisen ja tasoittumisen.