

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGESESSKRIFT

(11) 163536 B

Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 0025/86

(51) Int.Cl.5

G 01 N 21/35

(22) Indleveringsdag: 03 jan 1986

(24) Løbedag: 01 maj 1985

(41) Alm. tilgængelig: 03 jan 1986

(44) Fremlagt: 09 mar 1992

(86) International ansøgning nr.: PCT/CH85/00068

(86) International indleveringsdag: 01 maj 1985

(85) Videreførelsesdag: 03 jan 1986

(30) Prioritet: 04 maj 1984 DE 3416594

(71) Ansøger: ALEXANDER *SCHOELLER & CO. AG; 11, route de la Condemine; CH-1680 Romont, CH

(72) Opfinder: Christoph *Schoeller; CH, Martin *Schoeller; CH

(74) Fuldmægtig: Budde, Schou & Co. A/S

(54) Fremgangsmåde og apparat til bestemmelse af oxidationsafhængige egenskaber hos ensartede plastlegemer, især flaskekasser samt anvendelse af fremgangsmåden

(56) Fremdragne publikationer

25-86

(57) Sammendrag

En fremgangsmåde til måling af egenskaberne hos undersøgelsesprøvelegemer af formstof, især af polyethylen eller polypropylen, til konstatering af, om de består af uregenereret eller af regenereret eller eventuelt i en bestemt udstrækning regenereret, ensartet formstof, gennemføres ved infrarød-spektrometrisk måling af transmissionsabsorptionen i området for formstoffets carbonylgrubebånd. Det forudsættes, at transmissionsabsorptionen måles i carbonylgrubebåndenes område ved mindst to forskellige tykkelser hos det samme formstof, og tykkelsesafhængigheden ved disse målinger benyttes som målekriterium. Metoden finder især anvendelse på flaskekasser eller andre store sprøjtestøbte dele og kan benyttes til klassificering ved fortrinsvis at sortere efter ældningskriterier, men kan også anvendes på undersøgelseslegemer af regenerat og til udvælgelse af gamle kasser, der er egnede til genvinding af regenerat. Endvidere beskrives et apparat, som er egnede til udøvelse af denne fremgangsmåde ved infrarød-spektrofotometriske foranstaltninger.

DK163536 B

fortsættes

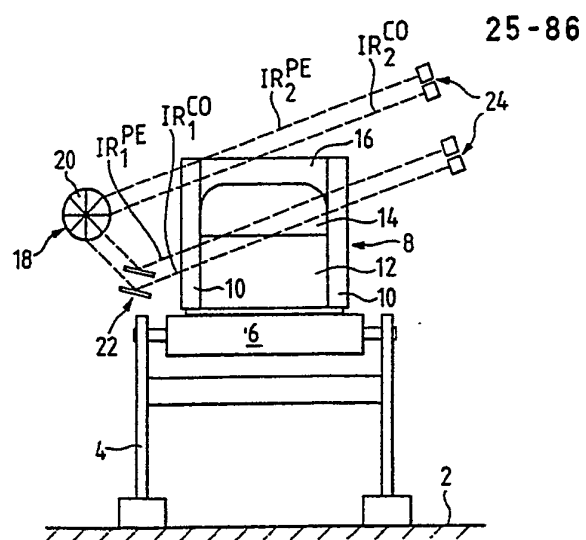


FIG. 4

Opfindelsen angår en fremgangsmåde og apparat til bestemmelse af oxidationsafhængige egenskaber hos ensartede plastlegemer, især flaskekasser samt anvendelse af fremgangsmåden.

5 Flaskekasser, men også andre store dele af sprøjtestøbegods eller prøvelegemer af plast eller formstof i-
øvrigt fremstilles ikke alene ud fra nye materialer, alt-
så så at sige "jomfrueligt" eller "førstegangssprøjtet" fa-
briksfrisk plast, men til dels også ud fra regenereret ma-
10 teriale. I modsætning til plast fremstillet ud fra regene-
reret materiale kaldes plastmateriale eller formstof frem-
stillet ud fra den nye vare også for uregenereret form-
stof. Flaskekasser fremstilles i den vesttyske forbunds-
republik næsten udelukkende ud fra polyethylen (PE) nem-
15 lig for det meste ud fra lavtrykspolyethylen (HDPE), dvs.
polyethylen med høj densitet. Det fremgår herved, at flas-
kekasser fremstillet ud fra regenerat kan være praktisk
taget ligeværdige med sådanne fremstillet ud fra den nye
vare, når bestemte betingelser som f.eks. oxidationsgra-
20 den, overholdes. Derimod har gamle kasser, der er blevet
helt skøre, vist sig at være uegnede til fremstilling af
regenerat. For det meste fremstilles regenerat ud fra
stadigt egnede gamle kasser under tilsætning af en vis
andel af den nye vare og eventuelt under udskillelse af
25 bestemte andele af formstofmassen fra de gamle kasser.

Flaskekasser fremstillet ud fra regenerat kan der-
for sondres, for såvidt angår deres masse, ved den indre
oxidation. Nærmere enkeltheder for såvidt angår flaskekas-
ser fås ud fra litteraturstedet "Flaschenkästen aus Neuware
30 und Flaschenkästen aus Regenerat" af Dr. Kremkow, på em-
ballageprøveinstituttet hos det tyske bryggeriforbunds kon-
traktlaboratorium ved bryggeriforsøgs- og -lærestalten i
Berlin således som meddelt i "Das Erfrischungsgetränk - Mi-
neralwasser-Zeitung" side 262-267.

35 Den foreliggende opfindelse angår især analyse af
sådanne flasketransportkasser, men angår i almindelighed

også analyse af andre typer store sprøjtestøbedele af plast, f.eks. plastpaller, og angår i almindelighed også analyse af en lang række øvrige undersøgelseslegemer eller prøvelegemer af plast og formstof, for såvidt disse er behæftet
5 med sammenlignelig problematik.

Af cirkulære T 22/E 2 - 1980 fra "DEUTSCHER BRAUER-BUND E.V." (8. april 1980), især side 2 hele 2. afsnit fremgår det, at der imidlertid allerede er udviklet laboratoriemæssige undersøgelsesmetoder til perfekt differentering mellem brugbart og mangelfuldt regenerat af emballageprøveinstituttet hos det tyske bryggeriforbund, medens en differentiering mellem den nye vare og brugbart regenerat turde være betydeligt vanskeligere og i modsætning her-
10 til endnu ikke har kunnet udføres. Det samme billede er også dukket op på en konference, der blev holdt den 2. marts 1984 af tjenesteorganisationen for transport- og lagerbeholdere indenfor kvalitetsforbundet for formstofvarer vedrørende varegruppen flaskekasser. Ved denne konference har endog fabrikkerne af apparater ifølge EP-A1 0 070 610,
15 som er bestemt til ældningsmåling af flaskekasser og frasortering af ikke længere egnede flaskekasser, måttet indrømme ikke at kunne sondre eller skelne mellem flaskekasser lavet af nye materialer og flaskekasser lavet af regenerat.

Af den indledningsvis nævnte offentliggørelse af Kremkow side 262, 3. spalte, midterste afsnit kan det allerede i årevis blandt bryggerifagfolk kendte faktum udledes, at ved en flaskekasse er navnlig gribelisten truet, som er udformet ved flaskekassernes øvre rand oven over åbningerne
30 i siden på væggen af flaskekasserne, og den kan særlig let brække af på grund af forbindelsen via kun nogle få lodrette forbindelsesstykker. Ved mekaniske målinger af flaskekassers ældningstilstand har man derfor også udvalgt flaskekassernes gribeliste til undersøgelsen af ældningstilstanden (jvf. tysk patentskrift nr. 29 22 535). I overensstemmelse hermed lægges ifølge EP-A1 0 070 610 ligeledes
35

0 gribelisten til grund for ældningsundersøgelser, men dog
ved hjælp af en infrarødt-spektrometrisk transmissions-
målefremgangsmåde. Til grund herfor lægges den hypotese,
at man for ældningen af flaskekasser kan se bort fra over-
5 fladefænomener, da der i overfladen kun vil opstå en for-
holdsvis hurtig proces med frie radikaler (estere), medens
CO-grupper (dvs. carbonylgrupper) i stadigttiltagende om-
fang opstår dybt inde i flaskekassevæggen indenfor væsent-
ligtlængere tidsrum som den bestemmende proces for ældnin-
10 gen end på overfladen. Denne hypotese støttes på, at form-
stoffets mekaniske styrkeegenskaber i første række må af-
hænge af dets indre egenskaber, og hypotesen synes derfor
fuldt ud plausibel. I overensstemmelse hermed gennemlyses
ifølge EP-A1 0 070 610 flaskekassens gribeliste infrarødt-
15 -spektrofotometrisk, og absorptionen ved carbonylgruppe-
båndene måles, der nogenlunde ligger ved bølgetal mellem
1690 og 1740 cm^{-1} med et maksimum ved ca. 1720 cm^{-1} . De
samme carbonylgrupper foreligger dog allerede i forvejen
i flaskekassevæggenes dybde hos flaskekasser fremstillet
20 af regenerat, og endda i mere eller mindre høj koncen-
tration alt efter regeneratets art. Målefremgangsmåden ifølge
EP-A1 0 070 610 er derfor ikke i stand til - allerede på
grund af ideen i oplægget hertil - at skelne mellem ældede
flaskekasser fremstillet ud fra nye varer og nye flaske-
25 kasser fremstillet ud fra regenerat. Endvidere er gennem-
førelsen af infrarødt-spektrofotometriske transmissions-
målemetoder på folier eller plader af formstof eller plast
allerede i og for sig kendt fra en monografi af R. Nitsche
og K. Wolf: Kunststoffe udgivet af Springer-Verlag, Berlin/-
30 Göttingen/Heidelberg (1961) bind 2 (praktisk plastprøvning)
side 266-269, men navnlig side 268.

På den anden side er det allerede kendt fra 2. ver-
denskrigs tid, at egenskaberne hos polyethylen og dermed
sammenlignelige andre plaststoffer kan fastslås ved infra-
35 rødt-spektrometriske målemetoder (jvf. fodnote på side 1
i artiklen "The Infra-Red Spectrum of Ethylene Polymers")

0

af L. H. Cross m.fl. i "Discussion Faraday Society", (1950) side 235-245). I denne offentliggørelse behandles på side 243 oxidationen ved varmeindvirkning, og midt på side 244 behandles fotooxidation, nemlig med det resultat, at kon-
5 centrationen af carbonylgrupper kan måles kvantitativt under hensyn til de pågældende prøvelegemers tykkelse ved infrarødt-spektrometrisk bestemmelse i området for carbonyl-gruppebåndene.

Senest er det kendt allerede fra artiklen af Rugg
10 m.fl. med titlen "Infrared Spectrophotometric Studies on Polyethylene, II. Oxidation" i "Journal of Polymer Science" bind XIII side 535-547 (1954), men især den underste halvdel af side af 541, at såvel oxidation under varmeindvirkning som fotooxidation fører til carbonylgruppedannelse i plastmateriale eller formstof, der til enhver tid
15 kan måles infrarødt-spektrometrisk som transmissionsabsorption indenfor carbonylgruppebåndenes område. De tilsvarende absorptioner adskiller sig herved udelukkende kvantitativt. Navnlig for såvidt angår fotooxidationen fremhæves, at den fører til sprødhed, revnedannelse eller kassationsgrund hos prøvelegemerne. Som prøvelegemer til undersøgelsen
20 anvendes folier med en godstykkelse på 0,8 mm. Tilsvarende erkendelser vandt da også indpas allerede senest i begyndelsen af 70'erne indenfor lærebogsviden, se således monografien "Stabilisierung und Alterung von Plastwerkstoffen" bind II, "Alterung der Plastwerkstoffe" af Prof. Thinjus på forlaget Chemie GmbH, (1971) side 116-131, men især side 126 og 127. Også i normudkastet til den tyske DIN-norm 53 383 del 2 (marts 1979 med indsigelse indtil 31. juli
25 1979), der vedrører prøvning af plastmaterialers oxidationsstabilitet, men især HDPE ved ovnældning, er allerede foreskrevet måling af den for oxidationsstabilitetstiden bestemmende eller afgørende mængde af det til HDPE-formstoffet kemisk bundne oxygen ved optagelse af transmissions-
30 -absorptionsværdien indenfor carbonylgruppebåndenes område ved et bølgetal på 1720 cm^{-1} , idet det grundlæggende prø-

35

0

velegeme skal have en tykkelse på 0,3 mm.

Ud fra de nævnte litteratursteder kan det endvidere udledes eller sluttes, at ældningen af formstoffer primært afhænger af fotooxidationen hidrørende fra solindstråling og kun sekundært afhænger af den ved varmeindvirkning op-
5 stående oxidation. Fotooxidationens indvirkning har dog kun en forholdsvis ringe indtrængningsdybde. Dette kan udledes fra artiklen "Polymers under the Weather" af Winslow m.fl. i SPE Journal (juli 1972) bind 28 side 19-24, men især side 21 højre spalte. Derefter aftager oxidationsgraden
10 indenfor 200 timer ved polyethylenfolier med en tykkelse på 0,05 mm stadigt lineært, og ved en tykkelse fra 0,13 til 1,3 mm flader den stadigvæk ud, hvoraf man endeligt kan slutte, at det for fotooxidationens vedkommende primært drejer sig om en overfladeeffekt. Tilsvarende resul-
15 tater opnås fra polypropylen. Som følge heraf udtages disse overfladeprøver til måling af flaskekassers ældningstilstand fra et overfladelag på 0,02 mm og undersøges infrarødt-spektrometrisk for carbonylgrupper ifølge en publi-
20 kation af Dr. Hahnmann m.fl. "18 Jahre Einsatzerfahrungen mit Flaschenkästen aus polyäthylen" i "Brauwelt" 7/1979 side 183-188, særtryk: 5163 fra Chemische Werke Hüls Aktiengesellschaft D 4370 Marl 1, side 1-7 og især side 4 højre spalte. EP-A1 0 070 610 går slægtsmæssigt ud fra
25 et sådant teknikkens stade, men forkaster det dog som ikke egnet til måling af den faktiske ældningstilstand (side 2 linie 3-15 og side 3 linie 7-24).

30

Under overvindelse af disse fordomme går den foreliggende opfindelse nu ud fra følgende alternative hypotese:

35

For såvidt angår plast som nye materialer antages, at der ingen eller dog som første tilnærmelse kun foreligger en ubetydelig koncentration af carbonylgrupper i formstof eller plast. For såvidt angår plastmateriale af regenerat antages, at en bestemt steduaafhængig koncentration af carbonylgrupper er fordelt over plastmaterialet

0

eller formstoffet i hele dettes dybde. I begge tilfælde, uanset om der er tale om en ny vare eller et regenerat, antages endvidere, at de ældningsspecifikke forløb kun sker i et overfladelag, hvis tykkelse er lille i forhold til

5 prøvens tykkelse, og som kun ytrer sig f.eks. ved en tiltagende skørhed og dermed også tiltagende kærforekomst under fotooxiderationsindflydelse fra sollyset. Denne hypotese har god overensstemmelse med ansøgernes egne erfaringer med hensyn til flaskekasser.

10

Ved denne hypoteses strengere gyldighed er de infrarødt-spektrometrisk målte værdier for transmissionsabsorptionen indenfor carbonylgruppebåndenes område ved undersøgelser af nye materialer uafhængig af undersøgelsernes eller prøvelegemernes gennemstrålede tykkelse.

15 se. Den målte absorptionsgrad eller udstrækning er herved udelukkende betinget ved overfladeoxidationen og er derfor anvendelig som kriterium for prøvelegemets ældningstilstand. I modsætning til EP-A1 0 070 610 henføres ældningsvirkningen herved altså til en overfladeeffekt og ikke til

20 en integral dybdeeffekt.

Også ved undersøgelser af regenerat sker der på overfladen en transmissionsabsorption indenfor carbonylgruppebåndenes område i forskellige tykkelser alt efter undersøgelsernes eller prøvelegemernes ældningstilstand. Herudover er dog - som følge af de i regeneratet

25 i dets dybde ensartet indlejrede carbonylgrupper ifølge Beer-Lambert's lov - de dér yderligere optrædende transmissionsabsorptionsværdier lineært tiltagende proportionalt med tykkelsesændringen.

30

I praksis er det muligt, at forholdene ifølge den her skildrede hypotese, som ligger til grund for opfindelsen, ikke foreligger helt så rent som netop omtalt.

Trods alt synes det alligevel berettiget at løse den endnu uløste opgave at måle egenskaberne ved ensartede

35 plastlegemer, især af polyethylen eller polypropylen, nemlig

0

- om de består af uregenereret eller af regenereret formstof eller plast,
- hvor høj graden af den i dybden fordelte oxidation er ved regenereret plast, og/eller
- 5 - hvor høj graden af overfladeoxidation er, uafhængigt af, om formstoflegemerne består af uregenereret eller af regenereret plast,

10 derved, at IR-transmissionen måles indenfor carbonylgruppebåndenes område ved mindst to forskellige tykkelser for plastmaterialet eller formstoffet. Herved skal der også indgå målinger af sådanne sidebånd som ækvivalenter, der fremkalder sammenlignelige måleresultater. Nogle mulige sådanne sidebånd er angivet i den nævnte i forvejen offentliggjorte litteratur. Af særlig interesse er her sådanne formstof-

15 fer eller plastmaterialer af lavtrykspolyethylen eller lavtrykspolypropylen, der regelmæssigt finder anvendelse som materialet til flaskekasser.

Ved fuldstændig bedømmelse af målingen ifølge opfindelsen kan man bestemme alle tre søgte egenskaber. Så-

20 ledes er IR-transmissionen tykkelsesuafhængig ved formstoflegemer af nye materialer eller uregenereret formstof; men er tykkelsesafhængig ved formstoflegemer af regenerat, idet IR-transmissionen nemlig er proportional med tykkelsesændringen. Ved formstoflegemer af regenerat er den proportionalitetsfaktor, med hvilken IR-transmissionen ændres som

25 følge af tykkelsesændringen, dvs. stejlheden af IR-transmissionskurven i afhængighed af tykkelsesændringen, en målestok for graden af den i formstoflegemernes dybde fordelte oxidation og dermed et mål for plastmaterialets regenerationsgrad. Uafhængigt af, om formstoflegemerne består af

30 uregenereret eller regenereret plast, konstateres overfladeoxidationens grad endvidere ud fra ekstrapolationsværdien af de målte IR-transmissioner til tykkelsen nul eller i hvert fald næsten nul. Det vil forstås, at man ved praktiske målinger til bestemmelsen kan begrænse sig til kun to eller til

35 kun en enkelt af de nævnte egenskaber.

Målingerne af IR-transmissionen ved forskellige tyk-

0

kelser kan i princippet gennemføres successivt, men det foretrækkes dog at foretage simultan måling ifølge krav 2. I reglen kan man herved nøjes med en enkelt gennemstråling af hvert af de forskelligt tykke steder på formstoflegemet.

5

I særlige tilfælde, navnlig ved måling af relativt tynde steder, vil man dog også tage flere gennemstrålinger af det samme sted hos formstoflegemet i betragtning.

10

Ved en udførelsesform for opfindelsen ifølge krav 6 kan man endog tillige gennemstråle mindst to vægge hos det undersøgte prøvelegeme og således yderligere udvide tykkelsesmåleområdet for endnu bedre at kunne skelne mellem overfladevirkninger og dybdevirkninger.

15

De ifølge opfindelsen bestemte måleværdier for transmissionsabsorptionen indenfor carbonylgruppebåndenes område og eventuelt PE-båndets eller et dermed sammenligneligt bånd ved forskellige tykkelser kan således udnyttes ikke alene til undersøgelse af nye varer og regenererede varer eller til forskellige arter af regenererede varer, men kan i første omgang også benyttes til fastlæggelse af et ældningskriterium for det undersøgte prøvelegeme, uafhængigt af, hvorvidt dette består af nye materialer eller af regenererede materialer. Hertil tjener bestemmelsen af overfladeoxidaationsgraden. I tilfælde af et prøvelegeme af nyt materiale og under antagelse af, at den til grund for opfindelsen liggende hypotese passer strengt, får man herved på grund af målingens tykkelsesuafhængighed de samme transmissionsabsorptionsværdier ved carbonylgruppebåndene som ved den integrerede måling af carbonylgruppebåndene ved hjælp af gennemstråling med en enkelt målestråle. Til undersøgelse af prøvelegemer fremstillet af regenereret plast kan man i det hele taget for første gang angive et kvantitativt kriterium for den overflademæssige ældning. Det er herved endog ikke længere nødvendigt direkte at have kendskab til den konstaterede egenskab, dvs. om det drejer sig om et undersøgelseslegeme af nyt materiale eller en i for-

35

0 skelligt omfang oxideret vare; men man kan endog viderebe-
arbejde de pågældende måleværdier umiddelbart og angive
graden af overflademæssig ældning uden at skulle aflægge
regnskab for, om og i hvilken udstrækning plastmaterialet
5 i det undersøgte prøvelegeme er regenereret. Dette gør det
altså for første gang overhovedet muligt at foretage en
ægte ældningsmåling af ensartede formstoflegemer i alle de
tilfælde, hvor man heri må påregne, at der optræder regene-
rat i formstoflegemerne. Dette er f.eks. i Vesttyskland re-
10 gelmæssigt tilfældet ved flaskekasser.

På grund af følsomheden hos målingen ifølge opfin-
delsen kan man i mange tilfælde give afkald på at kende de
nøjagtige værdier for de forskellige tykkelser hos de til
enhver tid til undersøgelsen benyttede prøvelegemer, for
15 ifølge den nævnte og til grund for opfindelsen liggende
hypotese er målingsresultatet jo tykkelsesuafhængigt ved
legemer af nyt materiale og er ved legemer af regenererede
varer proportionalt med tykkelsesændringen, hvilket udgør
en forskel, som også ved ikke eller ikke nøjagtigt kendte
20 størrelser for de forskellige tykkelsesværdier uden videre
kan erkendes ved to målinger, når tykkelsesforskellen er
tilstrækkeligt stor, dvs. signifikant. Tilsvarende kan man
også ved kun unøjagtigt kendte tykkelsesværdier vurdere
stejlheden for IR-transmissionen i afhængighed af tykkel-
25 sesændringen eller ekstrapolationsværdien for IR-transmis-
sionen til tykkelsen nul med tilstrækkelig nøjagtighed.
Lignende turde også gælde i mange praktiske tilfælde, selv
når man må gå ud fra, at den til grund for opfindelsen lig-
gende hypotese ikke gælder idealt. En større sikkerhed fås
30 dog i hvert fald ved nøjagtigere værdier for de grundlig-
gende tykkelser hos de til enhver tid gennemstrålede un-
dersøgelseslegemer. Denne tykkelse kan man måle på en hvil-
ken som helst konventionel måde. Det foretrækkes dog også
at måle den pågældende tykkelse selv infrarødt-spektrome-
35 trisk ifølge krav 3 eller 4, nemlig enten på det samme el-

0

ler på et nærliggende sted, hvor transmissions-absorptions-
målingen af carbonylgruppebåndene til enhver tid sker, el-
ler også på et andet sted, hvor der kan forudsættes samme
eller sammelignelig tykkelse. Denne tykkelsesmåling kan ske
5 samtidig med målingen af carbonylgruppebåndene eller kan og-
så foretages successivt før eller efter. Til infrarødt-spek-
trometrisk transmissionsabsorptionsmåling egner sig her de
bånd, der helt eller i vidtgående omfang er uafhængige af
tilstedeværelsen af carbonylgrupper, men ifølge Beer-Lambert's
10 lov er proportionale med koncentrationen af typiske grupper
for det pågældende formstof samt endvidere proportionale med
den gennemstrålede tykkelse, (altså proportionale med den
gennemstrålede plastmasse). Hvor der er tale om polyethylen,
er de særlige egnede bånd de såkaldte PE-bånd med karakteri-
15 stiske bølgetal på $1820 - 1900 - 2000 \text{ cm}^{-1}$, og ved polypro-
pylen benytter man de tilsvarende PP-bånd. Igen kan og-
så hvilke som helst andre hermed sammenlignelige sidebånd
dog komme på tale.

Det er i princippet muligt at gennemføre målingerne
20 ifølge opfindelsen, eventuelt endog kun med én målestråle,
på forskellige ensartede formstoflegemer på steder med for-
skellig tykkelse. Det foretrækkes dog ifølge krav 5 at fo-
retage de ved de forskellige tykkelser gennemførte målinger
på steder med forskellig tykkelse hos det samme formstof-
25 legeme.

Det er i og for sig kendt (jvf. EP-A1 0 070 610) at
måle ved forskellige spektrallinier eller -bånd. Herved ta-
ges dog kun en kalibrering af målingen i betragtning, idet
grundniveauet for den spektrale absorptionsfordeling be-
30 stemmes i nabolaget af carbonylgruppebåndene for at kunne
måle det kvantitative niveau for de målte carbonylgruppe-
bånd over spektrets grundlinie ved differensdannelse. En
måling af carbonylgruppebånd på mere end ét sted for en
flaskekasse eller fordelingen af disse i spektret er ikke
35 taget i betragtning tidligere, endsige at anvende PE-bånd

0 til tykkelsesmåling.

Som prøvelegeme til undersøgelsen kan ifølge krav 7 foruden flaskekasser navnlig benyttes også andre store sprøjtestøbedele af lavtrykspolyethylen og andre dermed
5 sammenlignelige plastmaterialer, f.eks. også lavtrykspolypropylen. Sådanne er især omtalt side 11 højre spalte 3. og 4. afsnit fra neden i et 12-siders særtryk fra KUNSTSTOFF-BERATER hæfte 8 til 10 (1968) Frankfurt/Main med titlen "Probleme bei Spritzgussgrossteilen aus Nieder-
10 druck-Polyäthylen, demonstriert am Flaschentransportkasten" af Dr. Hahmann m.fl. Chemische Werke Hüls AG. Ifølge dette litteratursted sker en fysisk ældning ved tiltagende mørhed gennem kemisk nedbrydning, som dog kun finder sted på overfladen og ytrer sig som en fin revnedannelse på over-
15 fladen, der ved en overordentlig høj kærvvirkning ved belastning fører til brud hos de færdige dele. Som kriterium herfor angives et carbonylgruppeindhold i det infrarøde spektrum på mere end 0,3%.

Opfindelsen angår endvidere alle øvrige prøvelegemer
20 af plast, ved hvilke man til skelnen mellem den friske vare og regenereret eller i forskellig grad regenereret plast kan måle i afhængighed af tykkelsen eller til konstatering af ældningstilstanden yderligere kan sondre mellem overfladeeffekter og integrerede dybdeeffekter på den tykkelses-
25 afhængige målekurve for carbonylgruppebåndet.

Allerede indenfor de mest almene rammer gør opfindelsen det muligt at klassificere de ifølge deres materiale (nye varer og regenerat) sondrede undersøgte prøvelegemer og eventuelt at sortere dem i overensstemmelse her-
30 med, dvs. inddele dem i klasser. Af særlig betydning er dog en klassificering og eventuel sortering ifølge ældningstilstanden i den forstand, at man anvender fremgangsmåden ifølge krav 9, idet ældningstilstanden kan måles ifølge krav 1, 3. alternativ. Et muligt forbillede for en sådan berøringsfri klassificering og eventuel sortering udviser f.eks.
35 en artikel af Harris i "Automation" (januar 1970) side 53-57,

0 hvor der i sidste afsnit på side 57 og i sammendraget på side 53 berettes om den tiltagende indførelse - også inden for den plastforarbejdende industri - af berøringsfrit arbejdsende spektrometriske sorteringsfremgangsmåder udført på
5 prøvelegemer, der ankommer til undersøgelse på en transportstrækning, ved hjælp af polyethylen-pellets (jvf. også britisk patentskrift A 2.060.166, US-patentskrift nr. 3.448.268 og fransk patentskrift nr. 1.501.766). De i de nævnte tilfælde med reflektionsspektrometri arbejdsende
10 fremgangsmåder kan herved hensigtsmæssigt gennemføres under anvendelse af målekamre for transmissionsspektrometri, der forudsætter det i indledningen omtalte teknikkens stand som kendt, og af hvilke der er beskrevet en mulig udførelse i "Revue Générale de l'Electricité" bind 88 nr. 9
15 (september 1979) Paris, Frankrig og P. Laurenson m.fl. "Photovieillissement et environnement. Nouveau dispositif de photovieillissement accéléré et élaboration d'isolants de couleurs photostables" side 685-689.

Ifølge krav 10 vises endog for første gang en vej,
20 ad hvilken man med selv samme berøringsfri klassificerings- og eventuelt sorteringsfremgangsmåde kan skelne og eventuelt udvalge ældede plastkasser eller andre lignende plastlegemer, efter om de endnu kan benyttes til videre anvendelse som regenerat, eller om de til slut skal sorteres fra. Herved fås for første gang en bekvem mulighed til ved en ganske simpel berøringsfri og tilsvarende også ødelæggelsesfri prøvefremgangsmåde med fuld pålidelighed at genvinde egnet regenerat og således i ganske betydeligt omfang at begrænse forbruget af nyt plastmateriale.

30 Herved opstår for første gang den mulighed at opnå et homogent udgangsmateriale til regenerering og også til siden at påvise et ud fra sådant regenerat fremstillet formstoflegeme og lade dette passere kontrol. Denne opfindelse muliggør således for første gang også en kvalitets-sikret recirkulation med de hensigtsmæssige fremgangsmåde-
35 trin 1) sortering, 2) homogenisering og restabilisering til

regeneratudvinding, 3) ny optimeret konstruktion og 4) produktion af plastgenstande ud fra regenerat, dvs. ud fra plastmateriale afstemt med hensyn til sammensætning, f.eks. ifølge bestemte forskrifter for blanding af regenerat og nyt plastmateriale, idet opfindelsen tillige stiller værdier til rådighed til at fastslå den restlevetid, der kan forventes af plastgenstande fremstillet ud fra regenerat. Dette gør navnlig de mest moderne fremstillingsmetoder for plastgenstande ud fra regenerat mulig via en CAE-optimering af formværktøjet og en CAD-optimering af produktet (hvor CAE er en forkortelse for Computer Aided Engineering, og CAD er en forkortelse for Computer Aided Design).

I det foretrukne tilfælde af anvendelse af flaskekasserne kan man således som allerede omtalt f.eks. som målested udvælge et mod sollyset ikke afskygget sted på griberanden, som f.eks. er fra 2,8 til 4,0 mm i godstykkelse, og som andet målested udvælge et ikke afskygget nedre område på flaskekassens væg, der f.eks. har en godstykkelse på mellem 1,8 og 2,4 mm. Men man kan også udvælge alle andre målesteder på et prøvelegeme, som ikke har været afskygget mod solindstråling eller har haft en sammenlignelig afskygning og har de nødvendige forskellige tykkelser. Så kan beskadigelsen (ældningen) på overfladen anses for ens eller i det mindste sammenlignelig. Ved flaskekasser kan man som det tykke sted f.eks. også benytte en øvre randkant eller hjørnerne på flaskekassen (jvf. krav 8). Opfindelsen angår også et apparat af den i krav 11's indledende del beskrevne type til udførelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen og som er særegent ved det i krav 11's kendetegnende del angivne.

Opfindelsen skal i det følgende beskrives nærmere ved hjælp af tegningen, der i skematisk form gennemgår en principbegrundelse for den i det, der danner basis for opfindelsen, såvel som ved hjælp af et konkret udførelseseksempel. På tegningen viser:

0

fig. 1a og 1b to udsnit af vægge med forskellig tykkelse hos et undersøgt prøvelegeme af en ny vare,

fig. 2a og 2b to til fig. 1a og 1b svarende udsnit af et undersøgt prøvelegeme fremstillet af regenerat,

5

fig. 3 et diagram til gengivelse af afhængigheden af den målte transmissionsabsorptionsværdi i området for carbonylbåndende som funktion af det undersøgte prøvelegemes tykkelse,

fig. 3a og 3b bestemte varianter af diagrammet ifølge fig. 3 og

10

fig. 4 et sidebillede af et apparat til udførelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen.

Den til grund for opfindelsen liggende hypotese skal herefter belyses ved hjælp af fig. 1-3.

15

Tykkelsen eller godset hos det ved den infrarød-spektrometriske måling gennemstrålede prøvelegeme betegnes alment s , og den konkrete tykkelse på to forskellige målesteder med forskellig tykkelse hos et undersøgt prøvelegeme betegnes henholdsvis s_1 og s_2 . Herved er s_2 signifikant større end s_1 . De undersøgte prøvelegemer i fig. 1a og fig. 2a kan herved have vægtykkelsen s_1 , og de undersøgte prøvelegemer i fig. 1b og fig. 2b kan herved have vægtykkelsen s_2 . Det drejer sig således i tilfældet fig. 1a og 1b fortrinsvis, men dog ikke nødvendigvis, om forskelligt tykke steder på det samme undersøgte legeme. Tilsvarende gælder for de fig. 2a og 2b omhandlede prøvelegemer.

20

De fig. 1a og fig. 1b gengivne målesteder svarer til undersøgelse af prøvelegemer fremstillet ud fra nyt materiale, medens de i fig. 2a og 2b gengivne målesteder svarer til undersøgte prøvelegemer af regenerat. I regeneratet er carbonyl- eller CO-grupperne fordelt med ensartet koncentration i dybden, hvilket i fig. 2a og 2b er antydnet ved en tilsvarende prikmarkering. Denne prikmarkering er undladt i tegningens fig. 1a og 1b, fordi man hos den nye vare forudsætter, at den er fri for carbonylgrupper i dybden.

30

35

0

På den til venstre gengivne side af væggene i tegningens fig. 1a og 1b samt 2a og 2b er endvidere indtegnet en punktering. Denne skal symbolisere en overfladezone på prøvelegemet, hvis dybde dog er ubetydelig i forhold til godstykkelsen eller vægtykkelsen s_1 eller s_2 hos de
5 til enhver tid undersøgte prøvelegemer.

Uden begrænsning i det almene princip går man her ved udelukkende til anskueliggørelse ud fra, at en sådan overfladezone kun forekommer på den ene side af det undersøgte prøvelegeme. I virkeligheden vil en sådan overfladezone dog kunne være til stede på begge sider af det undersøgte prøvelegeme, omend den ene overfladeside for det meste vil være udsat for fotooxidation ved solindstråling i stærkere udstrækning end den anden.

Andelen af den målte transmissionsabsorption indenfor carbonylgruppebåndenes område, der stammer fra overfladezonen, kaldes $(CO)_{ob}$. Denne værdi er, hvor der er tale om undersøgelse af prøvelegemer frisk fra form, lig med eller meget nær ved nul. Den kan dog, uanset om det drejer sig om nyt materiale eller om en vare fremstillet ud fra regenerat, stige til en bestemt tærskelværdi - der ved kraftigere differentiering også kan afhænge af materialets art (dvs. hvorvidt der er tale om ny vare eller regenerat eller om regenerat med et vist oxygenindhold). Over den
20 tærskelværdi, der skal fastlægges, må man gå ud fra en sådan overfladesprødhed, at de pågældende undersøgelseslegemer skal sorteres fra som ødelæggelsesfølsomme.

Endvidere er den over de bestemte tykkelser s_1 eller s_2 tilsammen målte (kalibrerede) transmissionsabsorption indenfor carbonylgruppebåndenes område benævnt $(CO)_1$ henholdsvis $(CO)_2$ eller kaldes som almen variabel CO. Under hensyn til den kendsgerning, at ifølge Beer-Lambert's lov er carbonylgruppernes vækst med tykkelsen proportional med deres koncentration samt med tykkelsen, fås den funktionelle sammenhæng, der fremgår af fig. 3.

35

0

Denne kan ifølge strålegangen gengives ved følgende udtryk:

5

$$\frac{(CO)_2 - (CO)_{Ob.}}{(CO)_1 - (CO)_{Ob.}} = \frac{s_2}{s_1} \quad . \quad (1)$$

Opløst ifølge $(CO)_{Ob.}$ følger udtrykket:

10

$$(CO)_{Ob.} = \frac{s_2 (CO)_1 - s_1 (CO)_2}{s_2 - s_1} \quad . \quad (2)$$

Når det drejer sig om et undersøgt prøvelegeme af nyt materiale ifølge fig. 1a og 1b, gælder følgende særtilfælde ifølge fig. 3b:

$$(CO)_{Ob.} = (CO)_1 = (CO)_2 \quad . \quad (3)$$

20

Ved ikke-ældede undersøgte prøvelegemer af nyt materiale med $(CO)_{Ob.} = 0$ ligger altså også de målte værdier i fig. 3b ved s_1 og s_2 på abscissen.

I andre tilfælde tiltager CO lineært med tykkelsen s fra tærskelværdien $(CO)_{Ob.}$. I dette tilfælde drejer det sig om et undersøgt prøvelegeme af regenerat således som beskrevet i tegningens fig. 2a og 2b, hvorved der forudsættes den samme carbonylgruppekoncentration på stederne med forskellig tykkelse.

Fig. 3a svarer til måleresultaterne på et undersøgt prøvelegeme af endnu ikke ældet regenerat med $(CO)_{Ob.} = 0$. I alle tilfælde kan værdien (ekstrapoleret) af $(CO)_{Ob.}$ anses som kritisk værdi for ældningen.

Koncentrationen af disse carbonylgrupper, altså et for regeneratets art karakteristisk mål, lader sig konstatere ud fra stejlegheden, altså differentialkvotienten, for målekurven ifølge fig. 3 henholdsvis 3a.

0

Opfindelsen går ud fra og beror på den antagelse, at tilsvarende også gælder, når i praksis forholdende ifølge denne hypotese ikke foreligger i ren form. Også i så fald vil man ud fra formen på absorptionsafhængigheden af tykkelsen således som afbildet i fig. 3 kunne slutte ud fra differentialkvotienten om regeneratets oxidationsgrad og om den ekstrapolerede værdi $(CO)_{ob.}$, for såvidt angår overfladeoxidationen som kritisk mål for det undersøgte prøvelegemes ældning til sontring mellem nyt materiale og regenerat, hvor man i sidste tilfælde endog er helt uafhængig af, hvorvidt det drejer sig om et undersøgt prøvelegeme af nyt materiale eller af mere eller mindre carbonylgruppeholdigt regenerat.

De nævnte målestørrelser kan derfor anvendes på i og for sig kendte måde til klassificering og eventuel sortering efter nyt materiale eller regenerat, regeneratets art, ældningstilstand og egnethed hos en gammel kasse til regeneratgenvinding.

Ved hjælp af tegningen til fig. 4 skal nu gennemgås et foretrukket apparat blandt mange mulige indretninger til udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen.

På et underlag 2 er opstillet et lejestel 4 udformet med en rullebane 6, over hvilken flaskekasser 8 kan føres successivt ind i det gengive måleapparat. Rullebanen 6 udgør herved kun et eksempel blandt mange mulige transport- eller overføringsbaner. Hertil kan lige så godt benyttes f.eks. transportbånd, rundtransportører osv. Også flaskekasserne 8 udgør kun et foretrukket eksempel blandt en mangfoldighed af undersøgelseslegemer, der kan komme på tale, især store dele af sprøjtegoods. Flaskekassen 8 er fremstillet med forstærkede hjørnepiller 10, mellem hvilke strækker sig sidevægge, som er sammensat af et forholdsvis tyndt folieagtigt nedre sidevægsafsnit 12 og en derover anbragt gribeåbning 14 og en gribeliste 16. Vægtykkelsen for hjørnepillerne 10 samt gribelisten 16 er ca. en faktor to eller flere større end vægtykkelsen

0

for de nedre sidevægsafsnit 12, hvis vægtykkelse typisk ligger på ca. 1,5 cm.

Flaskekasserne 8 kan bestå af lavtrykspolyethylen eller HDPE (high density polyethylene).

5

En kilde til indfrarødt lys 18 udstyres med filtre, hvoraf det ene kun tillader passage af infrarødt lys med bølgetal svarende til carbonylgruppebåndene og det andet kun tillader passage af infrarødt lys svarende til PE-båndene. Den tilsvarende filterindretning er symbolsk betegnet ved 20.

10

Begge de infrarøde lysstråler med forskellige bølgelængder opdeles i (mindst) to delstråler, som ledes igennem steder med forskellig tykkelse hos flaskekassen 8. En sådan stråleopdeling kan f.eks. ske ved hjælp af et halvgennemsigtigt spejl.

15

Uden dette må optages som begrænsning i opfindelsens almenhed, indtræder den ene delstråle fra kilden til infrarødt lys ved det her anførte udførelseseksempel hele tiden retlinet i flaskekassen 8, medens den anden delstråle hele tiden omdirigeres gennem et spejlapparat 22 og sendes til et andet målested på flaskekassen 8. Via kendte optiske midler kan delstrålerne om ønsket dog føres anderledes. Den her viste anordning, ved hvilken alle delstråler forløber indbyrdes parallelt, har dog apparatmæssige fordele. Således kan man som her vist arrangere kilden til infrarødt lys 18 sammen med filtrene 20 såvel som spejlindretningen 22 ved siden af flaskekassen 8 til den ene side og de fire modtagere 24 til hver delstråle ved siden af flaskekassen 8 til den anden side, idet sidstnævnte her er anbragt lidt højere, således at indretningen på trods af tilstedeværelsen af fire målestråler stadig er tilgængelig ovenfra. De infrarøde stråler (IR) får herved overbetegnelsen CO, når deres bølgetal svarer til carbonylgruppebåndene, og får overbetegnelsen PE, når de svarer til polyethylenbåndene.

25

30

35

Ved underindeks 1 henholdsvis 2 betegnes endvidere målestrålerne svarende til den ved gennemgangen af fig. 1

0 til 3 ovenfor anførte diskussion, idet disse målestråler
svarer til gennemledning af det tynde målested 1 eller
det tykke målested 2. Som det tynde eller det tyndeste
målested 1 vælges her det normalt også til reklameflade
5 benyttede sidevægssafsnit 12, medens der som det tykke el-
ler tykkeste målested enten vælges gribelisten 16 (inden-
for et nedre område, der ikke ligger i skygge, af en rundt-
gående rand) eller et ikke afskygget øvre endeområde af en
hjørnepille 10 eller også en ikke her vist, f.eks. flange-
10 agtig, øvre flasketrand. Den i tegningens fig. 4 viste gen-
givelse passer på alle tre nævnte muligheder. De faktiske
gennemstrålingssteder på målestederne 1 og 2 er dog ikke
identiske, men nærmest nabostillede, således at man kan
forudsætte ens vægtykkelser. Dog er en gennemstråling på
15 i det væsentlige det samme målested også mulig, blot man
stadig kan arbejde sondret med målestråler indstillet ef-
ter på den ene side carbonylgruppebåndene og på den an-
den side PE-båndene.

Ved det viste udførelseseksempel træder målestrå-
20 len på målestedet 1 gennem det ene af de nedre sidevægss-
afsnit 12 og forlader derpå flaskekassen gennem den over-
for liggende gribeåbning 14, således at der kun sker gen-
nemstråling af væggen en enkelt gang. Målestrålerne på må-
lestedet 12 træder efter gennemstråling af den første væg
25 direkte ovenud af flaskekassen 8, således at de ikke når
den overfor liggende flaskekassevæg. Denne gennemstråling
af hver gang kun en enkelt væg i flaskekassen 8 begrundes
den skråbøjning af målestrålerne IR nedefra og opefter. Hen-
sigtsmæssigt kan strålegangen dog også ændres således, at
30 to overfor hinanden liggende vægge hver gang gennemstråles
af den samme målestråle IR. Dette kan f.eks. føre til en
horisontalt parallel strålegang. Strålernes parallelitet
er dog ingen funktionel nødvendighed, men er dog ofte hen-
sigtsmæssig på grund af en simpel apparativ opbygning.

35 Til mange anvendelsestilfælde kan det være til-
strækkeligt kun at tilvejebringe målestrålerne IR^{CO} og at
kunne frakoble målestrålerne IR^{PE} eller helt at se bort
fra sidstnævnte på forhånd. Dette gælder især, når man kun

0

skal skelne mellem flaskekasser af nyt materiale og af regenerat. Ved ældningsmålinger og for det meste også ved målinger af den indre oxidationsgrad på regenerat anbefales det dog at forøge målingens nøjagtighed ved den yderligere anvendelse af målestrålerne IR^{PE}. En særlig foretrukken indretning tilvejebringer derfor alle fire målestråler eller endog yderligere målestrålepar, hvoraf nogle efter valg kan sættes ud af drift.

10 Ved anvendelse af alle fire målestråler IR videregives de ved de fire modtagere 24 konstaterede transmissionsabsorptionsværdier via en multiplexer (udspørger) til en analogomdanner, der videregiver værdierne til en tilsluttet computer til bedømmelse og afgørelse af, hvorvidt de undersøgte flaskekasser 8 kan passere som brugbare, eller om de på grund af opnåelse af en bestemt CO-gruppekoncentration på overfladen skal frasorteres til regenerering, eller om der endog på grund af overskridelse af en maksimal CO-gruppekoncentration på overfladen, hvilket især er tilfældet ved flaskekasser fremstillet af regenerat, skal 20 frasorteres som ubrugbare og heller ikke længere skal udsorteres til regenerering.

En flerfoldig gennemgang gennem undersøgelseslegemets, her flaskekassen 8's, vægge kan i øvrigt også ske ved, at den samme væg krydses flere gange af en målestråle via 25 tilsvarende spejlindretninger (inklusive andre optiske omledningselementer). Herved kan man f.eks. arrangere sender og modtager på den samme side af flaskekassen og alternativt anbringe en spejlindretning over flaskekassen bag gribeåbningen eller under indføring i flaskekassen i takt med dennes fremføring, hvilket dog vil betyde forøget 30 konstruktiv indsats.

I almindelighed vil en enkelt gennemstråling af væggene dog være tilstrækkelig, navnlig da den viser minimal reflektionstab. Det er hensigtsmæssigt at lede alle 35 målestråler således, at en flaskekasses faginddeling ikke rammes.

0

P a t e n t k r a v .

1. Fremgangsmåde til bestemmelse af egenskaberne hos ensartede formstoflegemer, især af polyethylen eller polypropylen, til konstatering af

- 5 - hvorvidt de består af uregenereret eller af regenereret formstof,
- hvor høj graden af den i materialets dybde fordelte oxidation er hos regenereret formstof, og/eller
- hvor høj overfladeoxidationsgraden er, uafhængigt af om
10 formstoflegemerne består af uregenereret eller af regenereret formstof,

k e n d e t e g n e t ved, at IR-transmissionen måles indenfor carbonylgruppebåndenes område ved mindst to forskellige godstykkelser hos formstoffet.

- 15 2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at mindst to målestråler (IR^{CO}) med bølgetal indenfor carbonylgruppebåndenes område for formstoffet ledes én eller flere gange gennem forskelligt tykke steder på formstoflegemer.

- 20 3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at man yderligere bestemmer tykkelsen ifølge Beer-Lambert's lov ved måling af IR-transmissionen i området for ét af den gennemstrålede formstofkoncentration afhængigt, men af carbonylgrupperne uafhængigt bånd.

- 25 4. Fremgangsmåde ifølge krav 3, k e n d e t e g n e t ved, at mindst to målestråler (IR^{PE}) med bølgetal for ét af den gennemstrålede formstofkoncentration hos formstoflegemet afhængigt, men af carbonylgrupperne uafhængigt bånd ledes gennem de samme steder hos formstoflegemerne, på hvilke IR-transmissionen bestemmes i carbonylgruppebåndenes område, eller på steder hos formstoflegemerne med tilsvarende tykkelse.

- 30 5. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af kravene 1-4, k e n d e t e g n e t ved, at de ved forskellige tykkelser foretagne målinger gennemføres på steder med forskellig tykkelse hos det samme formstoflegeme.

0

6. Fremgangsmåde ifølge et hvilket som helst af kravene 1-5, k e n d e t e g n e t ved, at tillige flere vægge hos formstoflegemet gennemstråles.

5 7. Anvendelse af fremgangsmåden ifølge et hvilket som helst af kravene 1-6 til undersøgelse af store dele af sprøjtegoods, fortrinsvis flaskeportkasser.

8. Anvendelse ifølge krav 7, k e n d e t e g n e t ved, at ved flaskekasser ledes målestrålerne (IR^{CO} og eventuelt IR^{PE}) på den ene side gennem et normalt for sollys
10 frit eksponeret område af en gribeliste, en hjørnepille eller en øvre randkant og på den anden side gennem et normalt for sollys frit eksponeret afsnit af den nedre sidevæg hos flaskekassen.

9. Anvendelse af fremgangsmåden ifølge et hvilket
15 som helst af kravene 1-6 til frasortering af ikke længere anvendelige formstoflegemer.

10. Anvendelse af fremgangsmåden ifølge et hvilket som helst af kravene 1-6 til frasortering af formstoflegemer egnet som regeneratmateriale.

20 11. Apparat til gennemførelse af fremgangsmåden ifølge et hvilket som helst af kravene 1-6 til anvendelse ifølge kravene 7 eller 8, k e n d e t e g n e t ved en sender (18) til udsendelse af IR-stråler (IR^{CO} og eventuelt IR^{PE}) og en dertil hørende modtagerindretning (24), som er
25 arrangeret på begge sider af de store dele af sprøjtegoods (8), og ved en optisk indretning (20,22), der opdeler senderens stråling i mindst to målestråler (IR_1^{CO} og IR_2^{CO} og eventuelt IR_1^{PE} og IR_2^{PE}), således at de ledes gennem områder med forskellig tykkelse hos de store sprøjtestøbte dele, og i forbindelse med hvilke der er tilsluttet særskilte
30 modtagere som modtagelsesindretning (24).

12. Apparat ifølge krav 11, k e n d e t e g n e t ved, at den store sprøjtestøbedel (8) er tilgængelig fra oven.

13. Apparat ifølge krav 11 eller 12, k e n d e t e g n e t ved, at alle målestråler (IR) forløber indbyrdes parallelt.
35

0

14. Apparat ifølge et hvilket som helst af kravene
11-13, k e n d e t e g n e t ved, at målestrålerne (IR)
løber skråt nedefra og opefter.

5

10

15

20

25

30

35

FIG. 1a

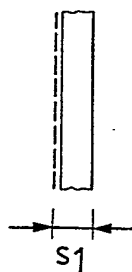


FIG. 1b

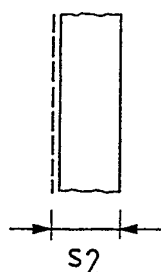


FIG. 2a

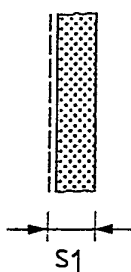


FIG. 2b

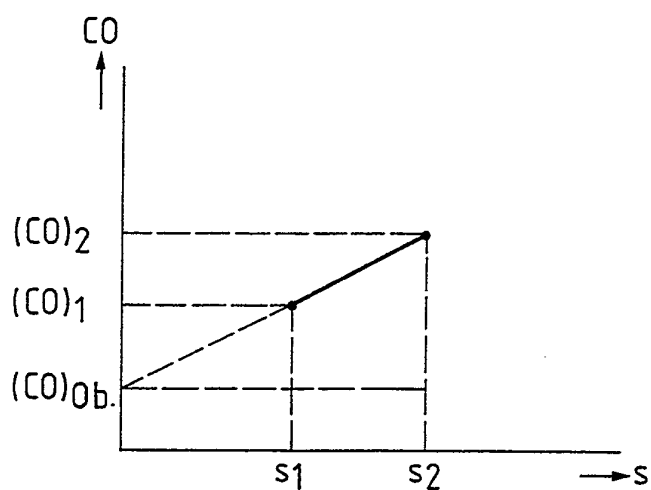
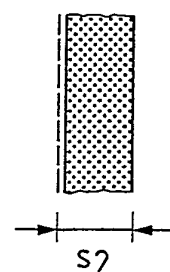


FIG. 3

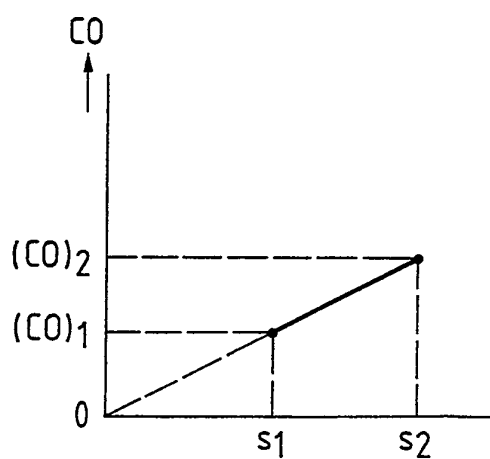


FIG. 3a

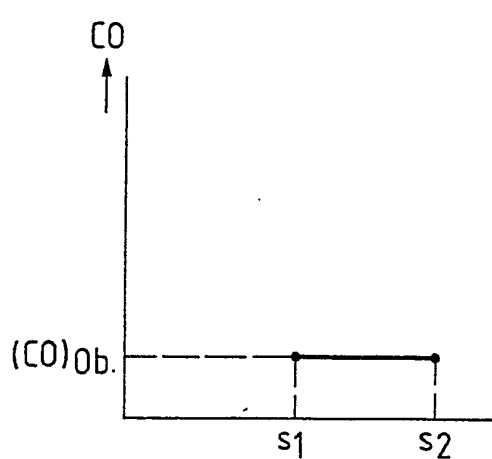


FIG. 3b

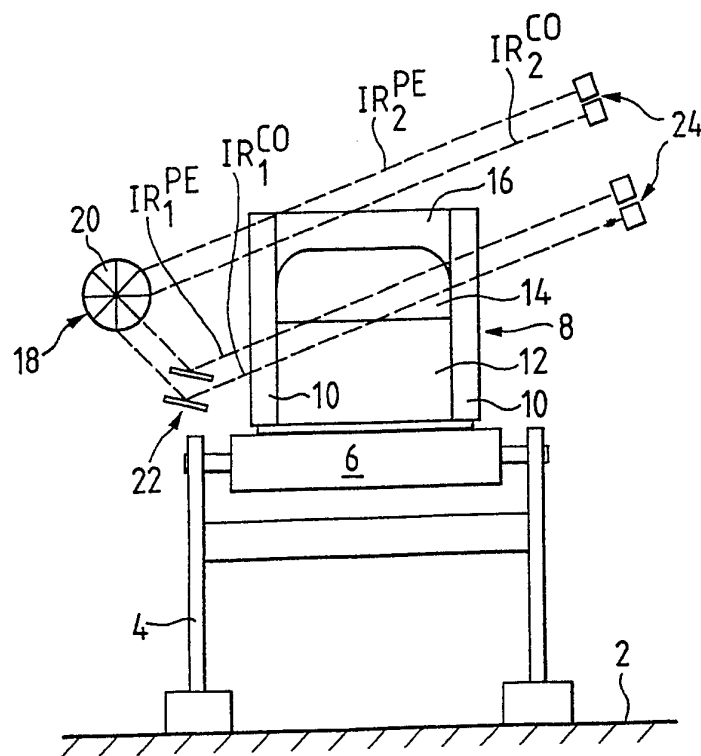


FIG. 4