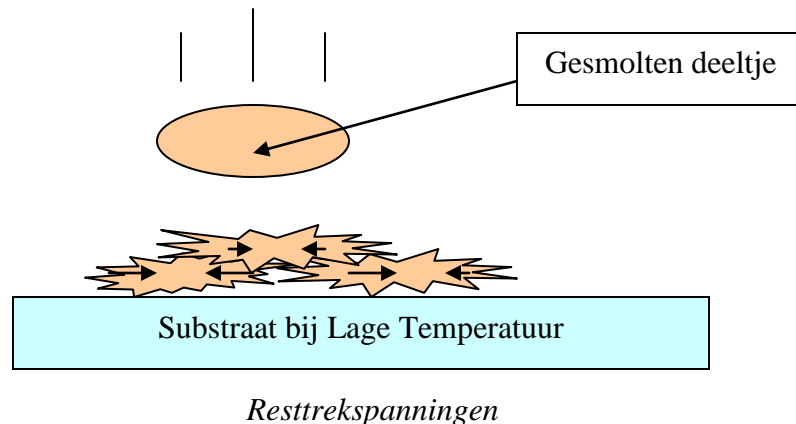


Restspanning in Thermisch Gespoten deklagen

Restspanningen in Thermisch gespoten deklagen zijn het resultaat van een opeenhoping van individuele deeltjes spanningen, zoals trekspanningen en/ of drukspanningen.

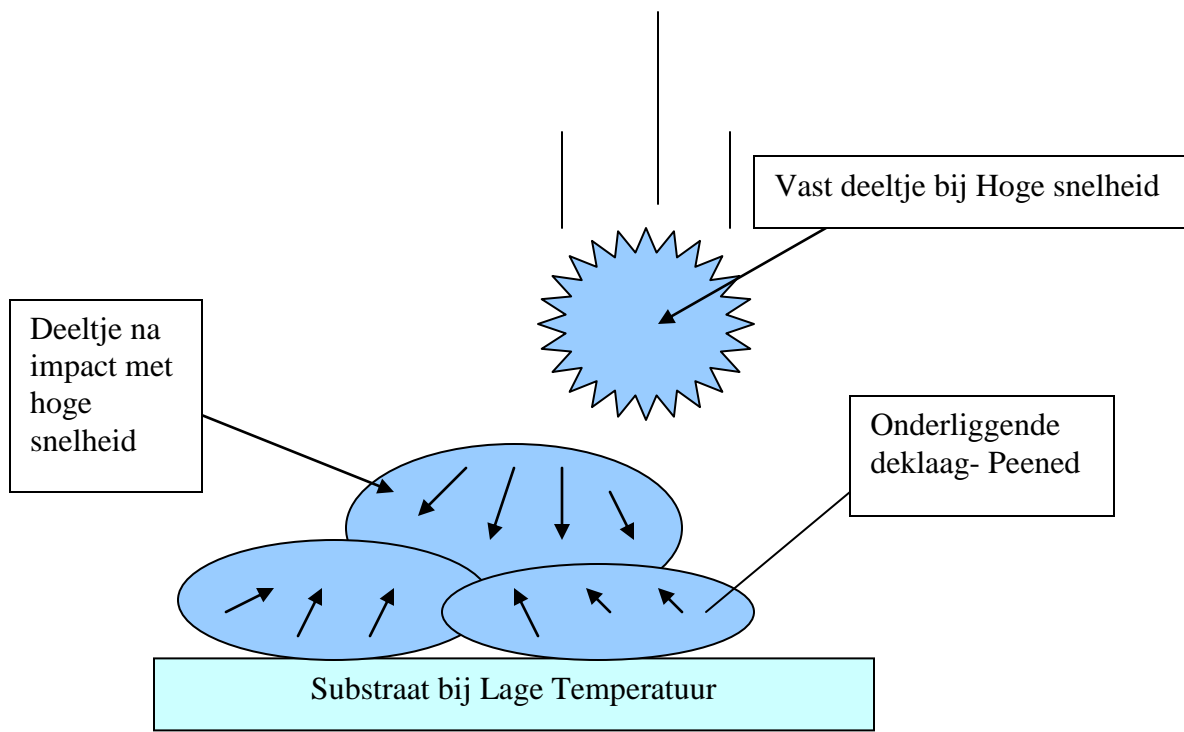
Trek

Restspanningen als gevolg van trek zijn het gevolg van deeltjes contractie (krimp) tijdens afkoelen en het sterkst aanwezig als de gespoten deeltjes in een vloeibare staat het oppervlakte bereiken. Het duidelijkst is dit te zijn als gespoten wordt op een vlakke plaat. De restspanningen zullen deze vlakke plaat doen kromtrekken richting spuitpistool in een concave vorm. Als deze coating op een dikke en massieve plaat wordt aangebracht zal het substraat niet gaan vervormen en als gevolg hiervan zullen zowel in de deklaag als op de interface van deklaag en substraat hoge spanningen aanwezig zijn. Materialen met een hoog uitzettingscoëfficiënt zullen meer krimpen dan materialen met een laag uitzettingscoëfficiënt en daardoor een hoger spanningsniveau geven. Hoge trekspanningen kunnen ook scheurvorming veroorzaken als het spanningsniveau de trekspanning van de deklaag overschrijdt.



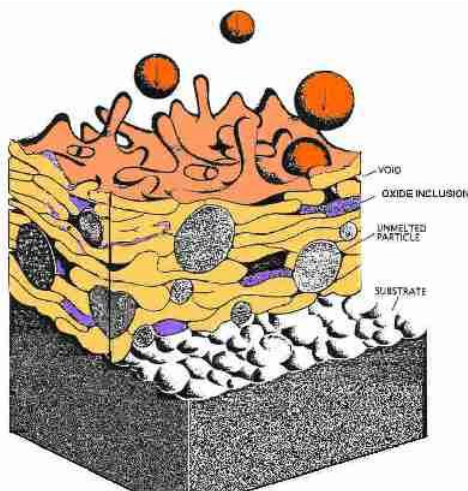
Druk

Restspanningen als gevolg van druk zijn het gevolg van vaste of semie vaste deeltjes veroorzaakt door de impact op het substraat. Drukspanningen worden veroorzaakt als gevolg van een shotpeening effect waarbij de vaste of semie vaste deeltjes wanneer ze de oppervlakte raken het onderliggende materiaal vervormen. Koudere en meer vastere deeltjes zullen een hoger drukspanningsniveau introduceren bij een lager spuitrendement. Een deklaag met drukspanningen en gespoten op een dunnen plaat zullen de plaat een convexe vorm geven. Hoge drukspanningen kunnen ook de hechting tussen de deklaag en substraat beïnvloeden middels het introduceren van schuifspanningen.

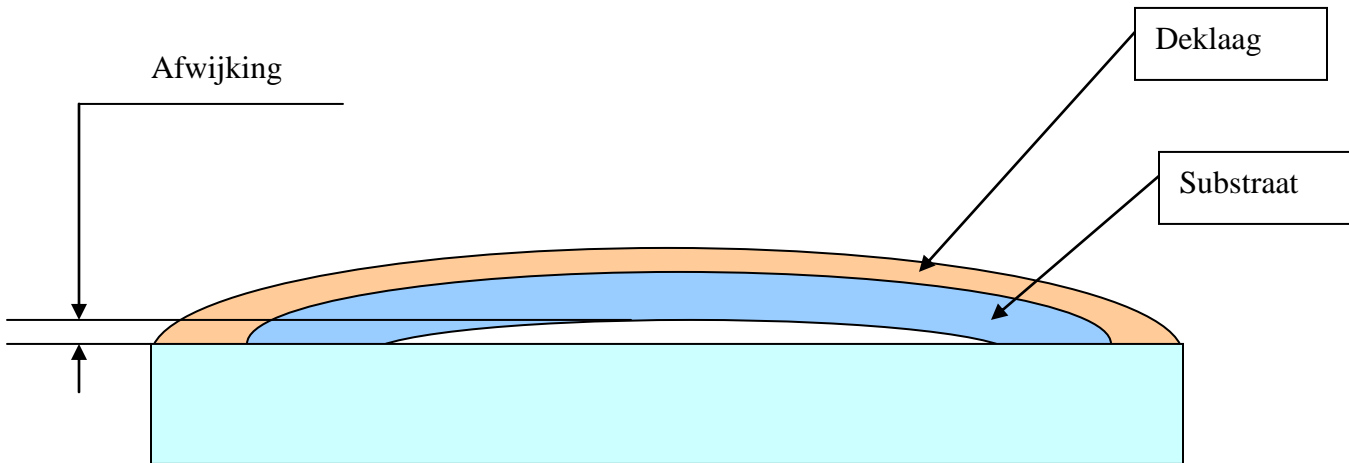


Restdrukspanningen

Restspanningen worden gemeten door gebruik te maken van de Almen Strip welke gebruikt wordt om impact intensiteit te meten. (shot peen effect of straaleffect)
 Door een dunne strip van verenstaal te gebruiken, te stralen en zijn doorbuiging in het midden te meten wordt een deklaag van gedefinieerde laagdikte gespoten en wederom de doorbuiging gemeten. Het verschil tussen de gemeten doorbuigingen kwantificeert het spanningsniveau. Het probleem met de standaard Almen Strip is dat de warmte welke tijdens spuiten geproduceerd wordt effect heeft op de sterkte van het substraat. (Ontlaateffect), uiteraard beïnvloedt door de mate van warmte-input op het substraat. Modificatie van deze test kan doorgevoerd worden door een substraat materiaal te gebruiken dat niet beïnvloedt wordt door warmte-input, zoals austenitisch RVS of inconel of gegloeid koolstofstaal.

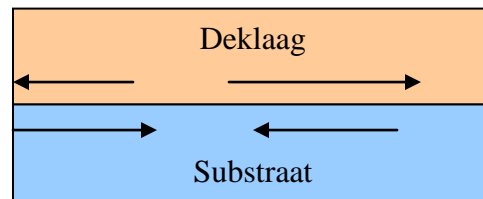


Almen Strip Test.



Schuifspanningen zijn altijd het gevolg van restspanningen of dit nu trek of drukspanningen zijn en hebben een oriëntatie parallel aan het substraat oppervlak. Schuifspanning kunnen ook resulteren in verminderde hechting of zelf onthechting.

Schuifspanning op de interface

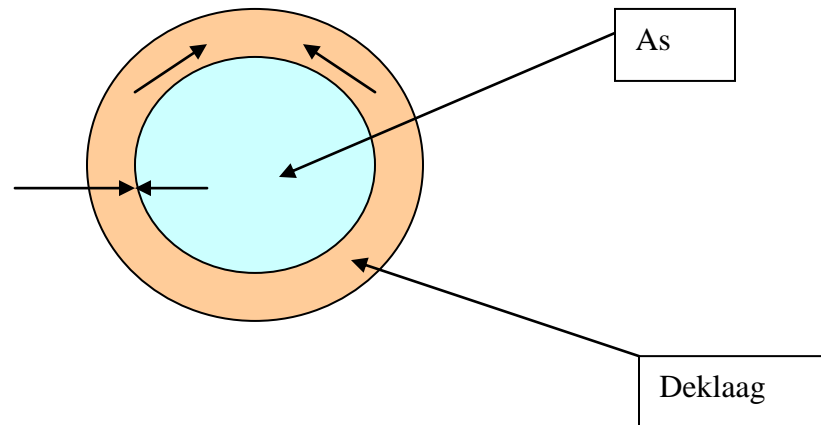


Deklaag heeft restdrukspanningen

Deklaag op trek, hechting op druk.

Het effect van restspanningen op de hechting is het eenvoudigst te zien als je een deklaag op een as voorstelt. Als een deklaag met resttrekspanningen uitwendig op een as is aangebracht zal de deklaag samentrekken. Het resultaat is dat de deklaag zal trachten de as samen te drukken. Er is geen trekspanning op de hechting. Als de trekspanning in deklaag groter is dan treksterkte van de deklaag zal de deklaag gaan scheuren of crackeleren. Onthechting komt hierbij zelden voor en zullen alleen maar optreden als de deklaag scheurt of crackeleert.

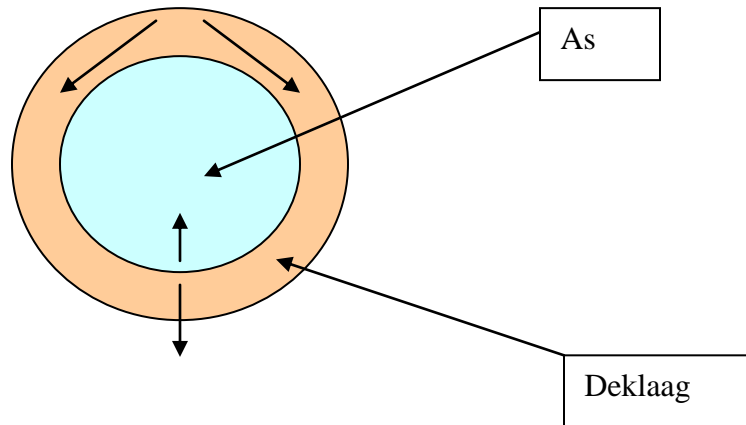
Deklaag op Trek
Hechting op druk



Deklaag op druk, hechting op trek

Als een deklaag met restdrukspanningen wordt aangebracht zal het tegenovergestelde gebeuren. De spanningen in de deklaag willen de deklaag groter maken met als gevolg dat er een trekspanning op de hechting zal ontstaan. Als deze trekspanning groter is dan de hechtsterkte dan zal onthechting plaatsvinden, geheel of gedeeltelijk (chipping). Hoge waarden van drukspanningen kunnen extreem hoge waarde op de hechting hebben.

Deklaag op Druk Hechting op trek



De temperatuur van het substraat tijdens spuiten heeft ook een effect op de mate van spanningen welke deze teweegbrengen op de hechting en in de deklaag zelf. Neem een hoog krimpmateriaal in overweging. Als dit wordt aangebracht op een koud substraat dan als de deklaag samentrekt zal het een hoog spanningsniveau hebben omdat het substraat niet in afmetingen is toe of afgenomen. Als het substraat wordt voorverwarmd zal dit uitzetten. De deklaag wordt aangebracht in de uitgezette fase en als het substraat afkoelt zal dit samentrekken met de aangebrachte deklaag en het spanningsniveau verminderen.

Voor de meeste toepassingen is de beste staat een restspanningsniveau van 0 tot een geringe drukspanning. Een restspanningsniveau van 0 zal geen invloed hebben op de hechting. Een restspanningsniveau van 0 zijn het resultaat van deeltjes welke het oppervlakte raken in een semie vloeibare fase of vaste fase dichtbij het smeltpunt.

Bepaalde deklagen bezitten een fase welke niet smelt, zoals bijvoorbeeld wolframcarbide. Als dit materiaal, met kobalt binder, wordt verspoten zal de binder verweken of smelten en de wolframdeeltjes blijven vast. Wolframcarbide heeft geen smeltpunt, daarentegen ontbindt het tijdens verwarming en zal daardoor koolstof verliezen. Als dit materiaal verspoten wordt en het substraat raakt zullen de carbide deeltjes ingebed worden in elkaar met hoge hechtingswaarden en hoge restdrukspanningen.

HVOF (hybride) systemen produceren deklagen welke restdrukspanningen produceren. Tabel -1- laat een aantal wolframcarbide kobalt deklagen zien met de bijbehorende restspanningsniveau's. Restspanningen kunnen beïnvloedt worden door o.a. spray rate. Lagere powder feed rates produceren deklagen met meer drukspanningen dan bij hogere spray rates. Tabel -2- laat het resultaat zien met verschillende feed rates.

Tabel -1-
DJ 2600

Deklaag	Laagdikte	Spanning	Vervorming in mm
2003 (88/12)	0.11	Druk	+1.27
	0.25	Druk	+2.06
2005 (83/17)	0.11	Druk	+1.73
	0.25	Druk	+3.18
5843 (86/10/4)	0.13	Neutraal	0
	0.23	Trek	-0.13

Tabel-2-
Effect van Spray Rate
DJ 2700

Deklaag	Spray Rate (gr/min)	Spanning	Vervorming in mm
2005 (83/17)	40	Druk	+1.12
	115	Neutraal	0