

De pantser(r)evolutie

Het harde front van Sovjetrussische tanks

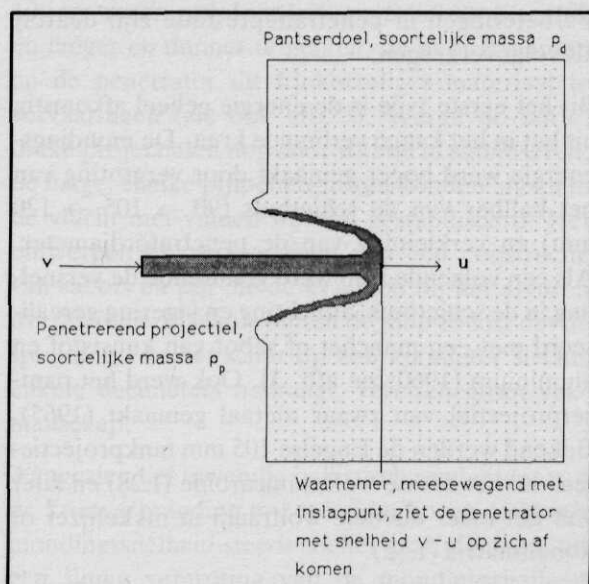
In 1973, na afloop van de Jom-Kippoeroorlog tussen Egypte en Israël, bleek dat met name met geleide antitankwapens massale verliezen aan tanks kunnen worden toegebracht. Zelfs de eerste generatie van deze geleide wapens, waarbij de schutter zelf zowel doel als raket in het oog moest blijven houden, om met behulp van een stuurknuppel de raket op het doel te brengen, bleek een geduchte uitwerking te hebben gehad. Het ging hierbij vooral om de Sovjetrussische Sagger, die vanwege zijn slechte geleiding beneden 500 m weinig trefkans had. Ook boven die afstand had de schutter moeite de capriolen van de raket te beheersen, maar het gebruik van simulatoren te velde bleek de Egyptenaren veel op te leveren. De Israëli's hebben hun tactiek snel moeten herzien en de noodzaak van inzet van infanterie naast cavalerie bekleemtoond.

In de volgende jaren gingen zelfs stemmen op die zeiden dat de tank als „koning” van het gevechtsveld had afgedaan. Snelle, „luchtkussen”achtige platforms zouden de toekomst hebben. Tot dusverre is echter niets minder waar gebleken.

Vanzelfsprekend is de hoofdbewapening van de tank zelf, het hogedruk-tankkanon, steeds in staat geweest met de primaire munitie, het kinetische-energieprojectiel, boegpantser en toren van een tegenstander te doorboren. Weliswaar waren de prestaties soms marginaal en bleek in de wedloop tussen doorboringsvermogen en pantserdikte het projectiel soms de verliezer, zoals de Duitsers in 1942 tegen de Russische T34-tank hebben ervaren en later weer de Russen toen Duitsland de Panther- en Tiger-tank in het veld bracht. Maar de vuurkracht van de infanterist tegen de zware logge tank was aan het begin van de jaren '70 zo overtuigend geworden dat de functie van de tank, nl. stootkracht in de aanval, door een andersoortig platform zou moeten worden overgenomen.

Deze infanterievuurkracht berustte op het vermogen van een relatief lichte, zg. gevormde springstoflading, bekend als holle lading, die een gat in het pantser kan prikken. Het holle-ladingprincipe, dat in het volgende hoofdstuk nader uit de doeken zal worden gedaan, was aan het einde van de jaren '30/begin jaren '40 in Duitsland, Zwitserland en de Verenigde Staten gevonden en werd aan het einde van de Tweede Wereldoorlog toegepast in o.a. Panzerfaust en de Bazooka. Toen daarop een geleiding werd ontwikkeld voor de raket en ook relatief zware holle ladingen vanaf een infanterievoertuig over afstanden van 2 tot zelfs 4 km op een doel konden worden gebracht, beschikte de infanterie over een wapen met zelfs een aanzienlijke „overkill”. De holle lading anno 1970 was in staat met gemak 0,5 m diep in pantserstaal te penetreren. De geleiding was aanvankelijk nog primitief en, zoals eerder reeds uiteengezet, de schutter gaf via de dunne metalen geleidingsdraden direct de vluchtcorrecties door. Dat leidde gemakkelijk tot overcorrectie van de vluchtbaan. De besturingskring van schutter via geleiding naar wapen en terug was te traag en kon op snelle manoeuvres van het doel te weinig uitrichten. Met de introductie omstreeks 1970 van de tweede generatie antitank geleide wapens, zoals onze Tow (tube launched, optically tracked, wire guided) was dat probleem nagenoeg opgelost. Het lanceringsplatform kon thans de hoekpositie van de raket via een stralingsbaken in het vizier aan de achterzijde volgen. Zolang de schutter het doel in zijn richtvizier houdt, worden automatisch de juiste stuurcorrectiebevelen aan de raket doorgegeven.

Eindelijk zou het dus mogelijk zijn met relatief lichte bewapening de inmiddels tot grote aantallen uitgegroeide vloot Warschau-Pacttanks bij een aanval op West-Europa te stoppen. Het antwoord van Sovjetrussische zijde kwam tien jaar geleden als een verrassing.



In de volgende paragrafen zullen eerst de mechanismen worden besproken die hebben geleid tot prestatievergroting van projectielen en gevechtsschepen. Vervolgens zullen de pantserontwikkelingen de revue passeren en ten slotte zal worden getracht een blik in de toekomst te werpen.

Pantserdoorboring

Het doorboren van een pantser door middel van projectielinslag berust op het uitoefenen van een lokale, buitengewoon hoog oplopende druk die het materiaal plastisch en elastisch vervormt en doet wijken. Bij inslag wordt zowel in projectiel als pantser een schokgolf gegenereerd, die snel krachtiger wordt naarmate de inslagsnelheid hoger is. Die schokgolven kunnen zowel projectiel als pantsermateriaal reeds op microschaal aantasten, voordat de eigenlijke vervorming begint. Ook treedt temperatuurverhoging op zonder dat men echt van smelten van het materiaal kan spreken. Bij voldoende hoge projectielsnelheden kan men het vervormingsproces echter toch opvatten als het stromen van vloeistof (hydrodynamisch regime). Het penetratieproces is dan eenvoudig te beschrijven op basis van behoud van impuls.

Penetratormateriaal stroomt in het voortdurend terugwijkende inslagpunt radiaalsgewijs naar buiten (zie afb. 1). Daarbij is eenvoudigheidshalve verondersteld dat in het krachtenspel de materiaalterkte geen rol speelt en de projectielinslagsnelheid tijdens penetratie constant blijft. Bij vol-

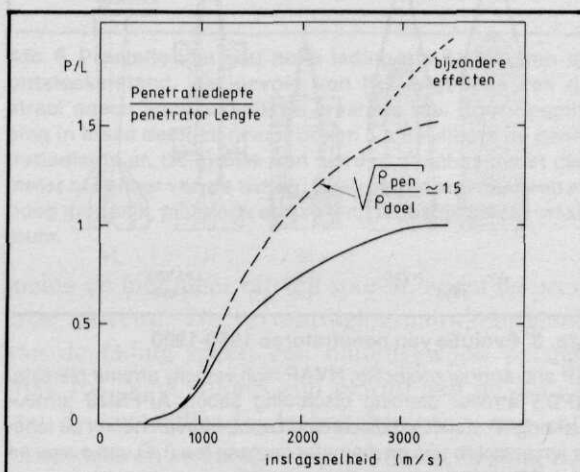
Afb. 1 Eenvoudigste fysische beschrijving van het penetratieproces

Behoud van impuls geeft: $\text{massastroom} \times \text{snelheid}$ blijft vóór en na inslag gedurende het penetratieproces constant of

$$\rho_p \cdot (v - u)^2 = \rho_d \cdot u^2 \text{ ofwel } u = (v - u) \cdot (\rho_p / \rho_d)^{1/2}$$

Indien het penetratieproces t sec duurt en de penetrator met lengte L daarbij geheel wordt verbruikt, dan is de maximaal bereikbare penetratiediepte P :

$$P = ut = (v - u) \cdot t \cdot (\rho_p / \rho_d)^{1/2} = L (\rho_p / \rho_d)^{1/2}$$



Afb. 2 Op de penetratorlengte (L) genormaliseerde penetratiediepte (P) in afhankelijkheid van de inslagsnelheid op het doel van zeer dik, zogenaamd half-oneindig pantserstaal. De huidige mondingssnelheden voor kinetische-energieprojectielen liggen bij 1500 m/s; de tipsnelheid van de straal van een holle lading tussen 6 en 9000 m/s

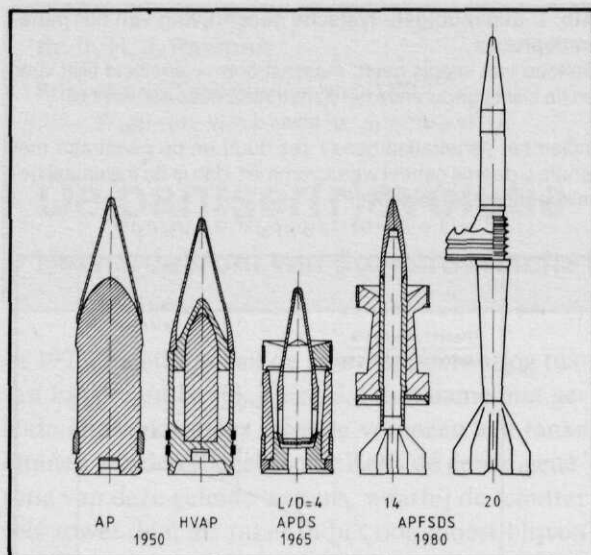
doende hoge snelheid zijn beide veronderstellingen juist, zoals blijkt uit afb. 2, waar de maximaal te bereiken penetratiediepte bij gelijke dichtheid van projectiel en doel gelijk blijkt te zijn aan de lengte van de penetrator. Alleen een hogere soortelijke massa van penetrator (bv. wolfram of uranium) vergroot de penetratiediepte, en niet meer de inslagsnelheid.

Toch neemt met de projectielsnelheid de toegevoerde kinetische energie kwadratisch toe en ondanks de niet verder toenemende penetratie zal de schadeuitwerking blijven stijgen.

Zoals bekend bestaan de antitankmunitieën uit twee hoofdtypen:

- kinetische-energie- of KE-projectiel, te verschietsen uit tankkanon;
- chemische-energie- of CE-munitie* als raket, voornamelijk uit een infanterieopstelling. ▷

* Voorheen werd CE-munitie tegen een tankdoel ook als tankmunitie gevoerd, thans is ze secundair: het kaliber is te klein. Ook zijn uit het tankkanon af te vuren raketten gebouwd, zoals de weinig succesvolle Amerikaanse Shillelagh en de, enigszins mysterieuze, Russische AT8.



Afb. 3 Evolutie van penetratoren 1950-1980

AP anti-armour projectile, **HVAP** high velocity armour piercing, **APDS** armour piercing discarding sabot, **APFSDS** armour piercing fin stabilized discarding sabot, hiervan neemt de lengte ten opzichte van de diameter gestaag toe (L/D van 4 over 14 naar 20)

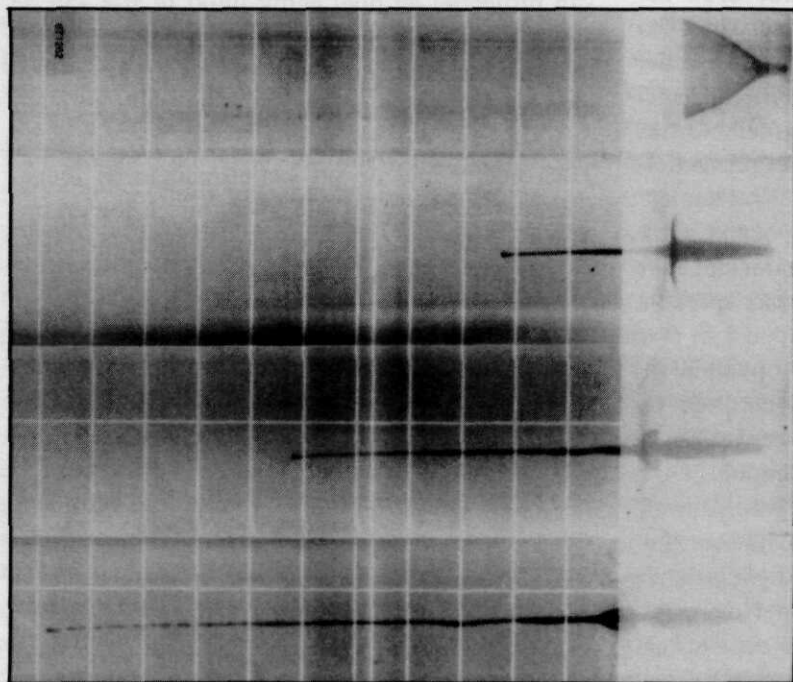
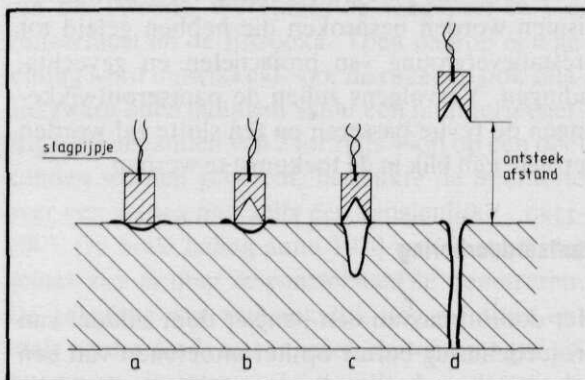
Afb. 4 Uitwerking van verschillende springstofladingen op een stalen plaat

- a Cilindrische lading
- b Cilindrische lading met aan de voorzijde een kegelvormige uitsparing, zg. holle lading
- c Holle lading waarvan de uitsparing met metaal is bekleed: de spiegel
- d Beklede holle lading op zekere afstand van de plaat tot detonatie gebracht, zg. ontsteekafstand

Verbeteringen in penetratieprestatie zijn daarbij als volgt verkregen.

Bij het eerste type is de energie geheel afkomstig uit het in het kanon verbrande kruit. De mondings-energie werd hoger gemaakt door vergroting van het kaliber van de schietbuis (90 → 105 → 120 mm) en verkleining van de penetratordiameter. Als een volgende stap werd gedurende de versnelling in de schietbuis, afdichting en lagering gerealiseerd met een manchets of sabot van kunststof en aluminium (1960; zie afb. 3). Ook werd het pantserprojectiel van zwaar metaal gemaakt (1965). Bekend werden de Engelse 105 mm tankprojectielen van het brosse wolframcarbide (L28) en later van het meer ductiele wolfram in nikkelijzer of kobaltmatrix (L52).

Een verdere prestatievergroting werd de laatste

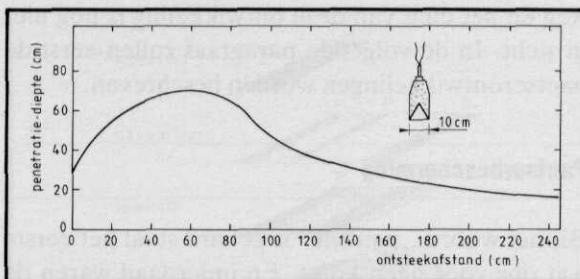


Afb. 5 Samenpersing kegelvormige koperen spiegel, straal- en plugvorming bij een holle lading. Afgebeeld zijn röntgenfoto's op 4 tijdstippen na het afgaan van het slagpijpje, en wel van boven naar beneden 5, 20, 33 en 49 microseconden

10 jaar verkregen door het projectiel uit één stuk en langer en dunner te maken, de punt te harden en de penetrator uit fijnkorreliger materiaal te vervaardigen (zie ook afb. 3). Waren de korte, dikke projectielen nog door rotatie te stabiliseren, de lange, slanke pijlpenetratoren konden alleen in de vlucht met vinnen worden gestabiliseerd. Het ontwerpen en vervaardigen van een constructie van sabots en pijl die de krachten bij het afvuren overleeft en de sabots buiten de loop zo lost dat de spreiding van het schot op een kilometer slechts enkele decimeters bedraagt, vereisen groot vakmanschap.

Aangezien het inwendig ballistisch rendement van de kruitverbranding in het kanon boven 1500 m/s mondingssnelheid steeds sneller gaat afnemen, zit een flinke vergroting van de mondingssnelheid met een klassieke kruitlading er eigenlijk niet meer in. Ook het erosieprobleem en de loopstaalvermoeding zouden dan snel verergeren. Toch zou een snelheidsverhoging de prestatie nog zeer ten goede komen, zoals uit afb. 2 blijkt. In de laatste paragraaf zal een aantal concepties aan de orde komen die in dit opzicht mogelijkheden bieden.

Het tweede type projectiel draagt een springstoflading die bij het doel tot detonatie wordt gebracht. In afb. 4 zijn de effecten van verschillende ladingsconfiguraties afgebeeld, waarbij de grote penetrerende werking van de holle lading ten opzichte van een lading zonder holte blijkt. Deze werking berust op de straal- en plugvorming op grond van behoud van impuls uit de door de detonatiegolf in de richting van de as samengeperste koperen spiegel. Afb. 5 toont röntgenflitsfoto's, gemaakt bij het Prins Maurits Laboratorium TNO, waarop de collaps en straal- en plugvorming in vier stadia zijn afgebeeld. De straaltop kan bij krachtige springstof een snelheid krijgen van 8 à 9 km/s. Alleen bij zeer nauwkeurige rotatiesymmetrie ontstaat een rechte straal. Over de straal neemt de snelheid van de top gezien naar achteren af van bv. 8 naar 3 km/s. Naar voren toe in de lading neemt immers de hoeveelheid springstof af en die van metaal toe. In de vlucht zal de straal door deze snelheidsgradiënt rekken. Bij een grotere afstand tot het doel (ontsteekafstand of stand-off) neemt daardoor aanvankelijk de prestatie toe. Pas bij ontsteekafstanden boven ca. $5 \times$ het ladingskaliber valt de straal in deeltjes uiteen, die gaan tui-



Afb. 6 Prestatie van een holle lading als functie van de ontsteekafstand. Als gevolg van het rekproces van de straal neemt aanvankelijk de prestatie toe. Door opsplitsing in losse deeltjes neemt boven 5 à 6 kalibers de penetratiediepte af. De grafiek kan worden geschaald met diameter of kaliber van de lading. Gestreefd wordt naar een zo hoog mogelijk, maar ook een zo lang mogelijk gerekt maximum

melen en niet meer blijven sporen, zodat de prestatie afneemt. De vervaardigingsnauwkeurigheid van de lading speelt een buitengewoon belangrijke rol. Veel studies zijn gewijd aan de details van de verschillende deelmechanismen van collapsproces en straalvorming en men is in staat het geheel door te rekenen met analytische modellen en zg. ballistische codes, of computersimulaties, waarvan in de Proceedings van de internationale ballistische symposia vele voorbeelden zijn te vinden (10e Int. Ball. Symp., San Diego, okt. 1987). De penetratieprestatie van een holle lading laat zich gemakkelijk schalen met de diameter van de lading: 8 kalibers is thans vrij reproduceerbaar te halen. Het theoretische maximum is niet goed bekend, maar de verwachting is dat met fijnkorrelige, hoog-energetische springstof en fijnkorrelig koper 10 kalibers kan worden bereikt (afb. 6). Aangezien de straal van de lading vrij dun is, is het ontstaan van een perforatie op zichzelf niet voldoende om een tank uit te schakelen; er is een zekere „restpenetratie” nodig.

Kort na invoering van de Tow op YPR-pratvoertuigen werd bekend dat de Sovjetrussische tanks T64 en T72 aan de voorzijde een glaslaminaatpantser hadden. Dat noopte tot een „crash program” dat leidde tot de Improved Tow of ITow met een energierijkere springstof, een speciale spiegelvorm en een spriet of probe voor een vergroting van de ontsteekafstand. De nog zwaardere bepantsering van T80 vereiste een groter kaliber, nl. 6 i.p.v. 5 duim en dat werd de Tow2. Als gevolg van de invoering van aanvullende explosief-reactief-pantsermodulen is inmiddels Tow2A onder-

weg en het eind van deze ontwikkeling is nog niet in zicht. In de volgende paragraaf zullen eerst de pantserontwikkelingen worden beschreven.

Pantserbescherming

Bij het woord „pantser” is gehard staal het eerste wat ons voor ogen komt. En inderdaad waren de laat-middeleeuwse harnassen reeds goede voorbeelden. Het harden van staal is steeds verder ontwikkeld, o.a. door alliagekeuze en oppervlaktebehandeling zoals nitreren. Recent bereikte men een oppervlaktehardheid van 500 BHN als toepassing in plaatmateriaal.

Nu is hardheid niet de enige factor, maar wel een belangrijke. Het is alleen niet mogelijk dikkere staalplaten geheel door te harden, en zoals wij al hebben gezien, vooral bij snelle projectielen telt de te penetreren massa zwaarder.

In feite berust het stoppend vermogen van een pantser in het hydrodynamische regime in de eerste plaats erop door middel van een hoge soortelijke massa het projectiel af te remmen en in de tweede plaats erop door een hoge hardheid, dus geringe compressibiliteit, en daardoor hoge geluidssnelheid, het projectiel te deformeren en de aan het pantser overgedragen energie snel te verspreiden. Verder is een grote plasticiteit gunstig voor het absorberen van energie en ten slotte elasticiteit om energie tijdelijk te kunnen accumuleren en te kunnen omzetten zonder blijvende vervorming en schade.

Het is duidelijk dat deze eigenschappen moeilijk in één enkel materiaal zijn te verenigen. Vandaar dat men is gaan denken in termen van pantsers, opgebouwd uit lagen: de compositiepantsers, waarbij in elk projectielsnelheidsgebied bij penetratie het geschiktste materiaal aan bod komt.

Maar er is meer aan de hand. Door lagen te maken, die afwisselend een hoge en lage dichtheid hebben, wordt een dempende werking verkregen van de schokgolf die bij inslag wordt gegenereerd en die in een tank aan allerlei delicate apparatuur zoals optiek, schade kan aanrichten. Nog belangrijker is het echter mechanismen te verzinnen die ervoor zorgen dat de door de penetratie aan het pantser overgedragen energie op de penetrator wordt teruggeworpen om deze te vernielen. Dat kan verschillende vormen aannemen. De eenvoudige

is een pantser dat een projectiel doet gaan tuimelen en in een tweede laag met verhoogde kans stopt. De Israëli's hebben bv. een dergelijk goedkoop en effectief pantser ontworpen als „add-on” op de M113-infanterievoertuigen. Ook was dit gaan tuimelen een deel van het idee achter de zg. gespatieerde plaatpantsers, zoals bij de Leopard-2. Het terugvoeren van energie op de penetrator omvat echter meer en kan zelfs leiden tot reactief en actief pantser, die vooral effectief zijn tegen holle ladingen.

Laten wij echter de geschiedenis van de afgelopen 10 à 15 jaar wat meer op de voet volgen. Na de periode van zg. monoliet-stalen pantsers, als van de Amerikaanse M60, de Duitse Leopard 1, de Russische T55 en later de T62, kwam in 1978 zoals gezegd, als een verrassing dat de Russische T72-tank en, naar later bleek, ook al de T64-tank waren uitgerust met een laminaatpantser van staal en glas. Behalve het feit dat deze tanks een tweemaal kleiner profiel hebben en dus een navenant kleinere kans op treffers dan hun Westerse tegenhangers, en ook door scherpe hoeken van boeg, bovenpantser en ronde toren een vergrote kans op ricochet geven, is het laminaatpantser vooral effectief tegen holle ladingen. Het glas is hard, maar heeft ook de eigenschap bij inslag te kristalliseren. De daarbij vrijkomende energie doet de gegenereerde schokken versterken, die op hun beurt blijkbaar de straal van de holle lading „verknippen”. Details over het mechanisme zijn nog niet volledig duidelijk.

Overigens is aan de binnenzijde van de tank een dikke laag polyetheen aangebracht. Behalve neutronenstraling-absorberend en schokdempend zal deze laag ook uit het pantser losgemaakte zg. spall-scherven tegenhouden.

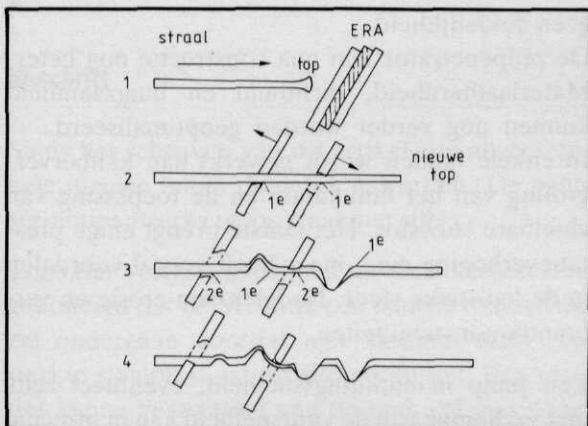
In het Westen had men zijn toevlucht echter tot andere mechanismen gezocht. In de Leopard-2 is, behalve door de eerdergenoemde spatiëring, per plaat ook een sandwichconstructie ingevoerd. De schok van de straal van een holle lading bij inslag doet de achterplaat uitpuilen. Hierdoor zal, indien die plaat een geschikte hoek maakt met het projectiel, gedurende korte tijd als het ware voortdurend nieuw pantsermateriaal aan de penetrator worden aangeboden.

Bij de M1-Abramstank en de Engelse Challenger

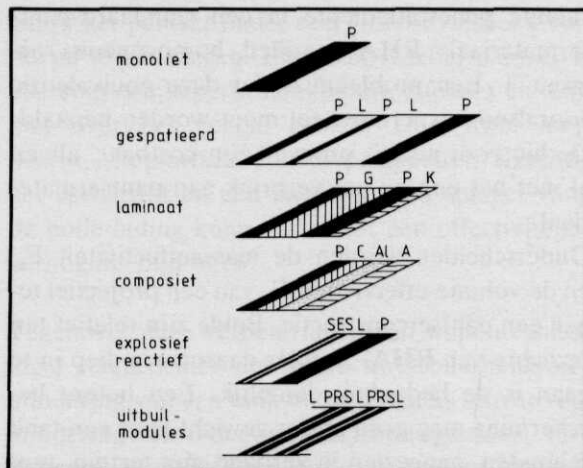
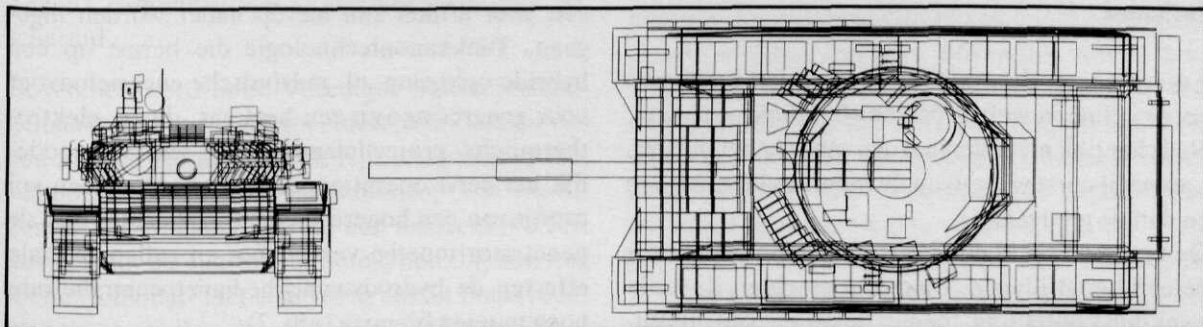
wordt het zg. Chobham-pantser toegepast. Hierover is nooit informatie verstrekt, maar er zijn aanwijzingen dat althans in de M1-tank behalve staal ook keramiek (hard), aluminium (plastisch en elastisch) en aramidevezel (elastisch) zijn verwerkt.

In afb. 7 zijn diverse pantser typen schematisch weergegeven. Het zal duidelijk zijn dat om vertrouwelijkheidsredenen niet op details kan worden ingegaan. Er is echter nog een type pantser dat na de Israëlische veldtocht in Libanon in 1981 bekendheid heeft verworven. Dat is het zg. explosief-reactief pantser dat met name effectief is tegen holle ladingen. Het „explosive reactive armour” of ERA-pantser bestaat uit twee staalplaten met daartussen een dunne laag plaatspringstof. Deze sandwich bevindt zich in een doosvormige moduul, die buiten op het eigenlijke pantser wordt aangebracht. Ruimte tussen sandwich en eigenlijk pantser is essentieel. De springstof wordt niet tot reactie gebracht door KE-projectielen, maar wel door een holle-ladingstraal.

Belangrijk is verder dat de hoek tussen de loodlijn op de moduul en de baan van de straal groter is dan 30°; 60° is optimaal. Door de kracht van de



Afb. 8 Diverse stadia van functionering van explosief reactief pantser en het divergeren van de straal



Afb. 7 Diverse typen pantser

P pantserstaal (RHA), L lucht, G glas, K kunststof-liner (PE), C keramiek, Al aluminium, A aramide, S staal, E springstof, R rubber

explosie wordt de voorste plaat naar voren en de achterste naar de tank toe versneld (zie afb. 8). De voorste plaat vliegt tegen de straalrichting in en zal zodra de wand van het inslaggat van de straaltop in de plaat de straal weer treft een schok veroorzaken die de straal divergeert. De achterste plaat biedt als het ware voortdurend nieuw doel-materiaal aan, terwijl de straal ook zijdelings wordt geschokt, zij het minder krachtig.

Het staat vast dat de Sovjetrussische troepen in de DDR de laatste twee jaar een groot deel van de daar aanwezige T64- en T80-tanks reeds hebben voorbereid op het snel kunnen monteren van ERA-modulen (zie afb. 9).

In het voorgaande is een oppervlakkige schets gegeven van recente ontwikkelingen. De vraag komt natuurlijk op hoe en in welke maatstaf men de effectiviteit van de nieuwe pantser uitdrukt. De maat die momenteel wordt gehanteerd, is de equi-

Afb. 9 Voor- en bovenaanzicht van een Russische T80-tank, voorzien van modulen explosief reactief pantser (de schets is gemaakt m.b.v. computer graphics van PML-TNO)

valente penetratiediepte in een standaard-pantsermateriaal: RHA („rolled homogeneous armour“). Een probleem is dat deze equivalentie vooralsnog experimenteel moet worden bepaald. De hiervoor nodige proeven zijn kostbaar, alleen al met het oog op het verbruik aan pantsermateriaal.

Onderscheiden worden de massa-effectiviteit E_m en de volume-effectiviteit E_v van een projectiel tegen een pantserconstructie. Beide zijn relatief ten opzichte van RHA. Zonder daarop erg diep in te gaan is de bedoeling duidelijk. Een betere bescherming mag geen groter gewicht voor een tank inhouden, aangezien in verband met terrein, mobiliteit en vervoer per spoor het maximum wel ongeveer bereikt is. Beter pantser moet ook geen sterke vergroting van het profiel betekenen, want dat verhoogt signatuur en trefkans.

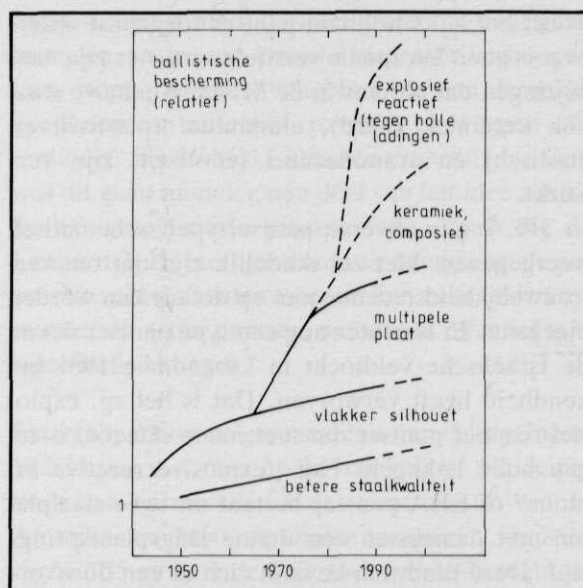
Een voorbeeld: explosief-reactieve modulen hebben een heel grote massa-effectiviteit voor holle ladingen (10 of meer) en een massa-effectiviteit van ongeveer 1 voor KE-pijlen. In dat geval is de volume-effectiviteit tegen pijlpenetratoren aanzienlijk kleiner dan 1.

Het resultaat van de verschillende ontwikkelingen is een groei in de massa-effectiviteit die weinig onderdoet voor de groei van het aantal poorten per oppervlakte-eenheid chip over de laatste 10 jaar! Vanzelfsprekend gaat deze vergelijking aan vele kanten mank, maar het blijft een feit dat de verbetering in effectiviteit van antitankwapens door een verhoogde trefkans in een kortere engagements-tijd als gevolg van toepassing van elektro-optiek en micro-elektronica door de verbeteringen in pantser te niet wordt gedaan. In afb. 10 is de groei in ballistische bescherming in zijn geheel, dus inclusief verkleining van profiel en vergroting van aangezichtshoeken, schematisch aangegeven.

Toekomst

Ervaring leert dat op ballistisch gebied toekomstvoorspellingen weinig betrouwbaarheid vertonen. Nu is het ook niet allemaal een schot in het duister. Laten wij eerst weer even de munities beschouwen en dan de pantsers.

De tankmunitie in de vorm van een pijlpenetrator beleeft hoogtijdagen. De motor erachter, de rookzwak-buskruidlading, begint tekenen van uitput-



Afb. 10 Toeneming van de ballistische bescherming verdeeld over de verschillende deelaspecten, schematisch

ting te vertonen. Verdere ontwikkeling kan nog consolidatie of samenpersing van het kruit in de huls zijn en de introductie van een hulpraket- of ramjetmotoraandrijving voor de door een kanon verschoten pijl. Het laatste alleen zolang de trefkans er niet teveel onder lijdt. Hierover is nog geen duidelijkheid.

De pijlpenetrator kan qua constructie nog beter. Materiaalhardheid, dichtheid en buigzaamheid kunnen nog verder worden geoptimaliseerd.

In enkele landen wordt gewerkt aan kalibervergroting van het tankkanon en de toepassing van vloeibare stuwstof. Het laatste brengt enige prestatieverhoging mee, maar heeft vooral voordelen in de logistieke sfeer. Nadelen zijn erosie en verbrandingsinstabiliteiten.

Een jump in mondingssnelheid, eventueel zelfs met verhoging van de vuursnelheid kan in principe worden gerealiseerd met behulp van de pulsphysica en de elektromagnetische lancering (EML). In een later artikel kan hierop nader worden ingegaan. Tankkanontechnologie die berust op een hybride oplossing, nl. pulsphysische energietoevoer voor generering van een heet gas, de zg. elektrothermische projectielaandrijving, zal vermoedelijk het eerst operationeel worden. Voor een vol profijt van een hogere snelheid, zal echter ook de penetrator moeten veranderen en zullen speciale effecten de hydrodynamische-limietpenetratie omhoog moeten brengen (afb. 2).

KE-penetratoren kunnen in principe ook met een raket worden gelanceerd en behoeven dan niet uit een kanon te worden verschoten. In het verleden was de trefkans een probleem, maar thans kan met bv. laserbeamgeleiding dat probleem worden opgelost. Het Amerikaanse leger is met een ontwikkeling bezig, waarbij een grote uitwerking wordt gepaard aan een hoge vuursnelheid. Van dit „hypervelocity missile”- of „kinetic energy missile”-project heeft men grote verwachtingen.

Op het gebied van de holle ladingen doen zich ook diverse nieuwe mogelijkheden voor. Ontwikkeld worden concepties van twee achter elkaar geschakelde ladingen (zg. tandemlading) die met een korte tussenperiode detoneren. De voorste lading slaat een bres of activeert het explosief-reactieve pantser, waarna de tweede lading het doel perforiert. Complexe pantsers kunnen echter ook deze dreiging weer absorberen.

De moderne geleidingstechnieken in combinatie met stuurbare raketstuwstralen („thrust vector control”) of andere technieken van baanbeïnvloeding naast de oude vinnen, maken het echter mo-

gelijk het pantser onder een grote invalshoek van boven te benaderen. Explosief-reactief pantser is alleen in een beperkt hoekbereik effectief en lang niet over het gehele gebied. Deze, wat men noemt, „top-attack”, biedt perspectief. Krachtiger springstof en een zwaarmetalen spiegel voor de holle lading kunnen ook tot een effectiviteitsverhoging bijdragen.

Tegenover deze verbeteringen van wapentechnologie staan echter die welke kwetsbaarheidsvermindering van een tank beogen. Zulks omvat vermindering van radar- en infraroodsignatuur, verbetering in overall-conceptie en lay-out, brandblusinstallaties, minder gevoelige munitie en kruidladingen, schokdempende voorzieningen enz. Aanvullend gaat ook de pantserontwikkeling gewoon verder en dienen zich reeds nieuwe concepties aan, zoals actief pantser. Hierop kan nu niet worden ingegaan. De technologiestrijd is vooral voor de kleinere landen niet gemakkelijk. Met name het vermogen voldoende ver in de toekomst te kijken om de juiste aanschaffingen te kunnen doen, vormt een knelpunt.

Naschrift

Sinds het schrijven van dit artikel zijn alweer enkele nieuwe feiten duidelijk geworden. De pantser-antipantserwedloop staat niet stil.

Tot veler verrassing hebben de Amerikanen aangekondigd dat de M1-tank een pantserverbetering zal ondergaan doordat met uraniumvezels versterkte staalplaat zal worden toegepast. Een relatief kleine verzwaring van de tank zal met name het effect van de 125 mm KE-munitie van het Sovjetrussische tankkanon nog flink verminderen. Tegen CE-munitie was de Abrams reeds goed beschermd.

Bovendien werd in de Verenigde Staten bekendgemaakt dat via satellietbeelden testmodellen van een nieuwe Russische tank zijn gesignaleerd met vermoedelijk een 135 mm-kanon op een chassis zonder toren. Dat zou weer een aanzienlijke vergroting van de vuurkracht betekenen, bij een nog kleiner silhouet. Het is te vroeg om dit thans reeds als zeker te stellen, maar het tekent de trend.

Ten slotte moet worden vermeld dat verdere analyse van de conceptie van het kinetische-energie-missile meer voordelen heeft laten zien. Deze conceptie gaat voor het eerst ervan uit dat een geleid wapen tegen een gevechtstank voor wat het schade toebrengend mechanisme betreft niet is gebaseerd op chemische energie, de holle lading, maar op het meevoeren van een zwaarmetalen penetrator, dus op kinetische energie. De penetratormassa en -snelheid kunnen daarbij aanzienlijk groter worden dan bij de uit een tankkanon verschoten munitie. De vluchttijd en dus de blootstellingstijd van de schutter, zijn kort. Bovendien zijn de flexibiliteit van inzet en de vuursnelheid gunstiger dan zich aanvankelijk liet aanzien. Gelijktijdige inzet tegen gronddoelen en helikopters behoort tot de mogelijkheden. De toepasbaarheid is groter dan die vanaf grondgebonden platforms alleen. Helikopter en zelfs een vliegtuig zijn als lanceerplatform eveneens geschikt. Ook in Europa is een reeds gevorderde conceptieontwikkeling gaande.