

PĚCHOTNÍ ROZHLEDY

Redaktor: Plukovník pěch. Adolf Hálka.

LISTOPAD 1937.

Major pěch. Ing. Jan Valníček:

O pancířích a protipancířových střelách.

V životě pěchoty nastává nové údobí, charakterisované zápasem střely proti pancíři. Jsme svědky závodů, kdy se jednoho dne objeví zbraň, jejíž střela prorazí dosavadní pancíř útočných vozů, aby se zase druhého dne objevil pancíř, který této střele odolá. Tak to pokračuje, podobně jako před třiceti lety na moři. Tam měly závody pancíř kontra střela asi takový průběh: lodní pancíře byly stále zesilovány, až dosáhly tloušťky kolem 300 až 400 mm. Lodi s takovými pancíři — superdreadnaughty — byly ovšem málo pohyblivé a vývoj se u nich zastavil. Této hranice však bylo kromě toho dosaženo proto, že možná ráže děl končila též na cifře kolem 400 mm. Pak se směr vývoje obrátil: superdreadnaughty se ukázaly zcela nemotornými, hlavně v srovnání s námořním letectvem a ultrarychlými malými motorovými torpedovými čluny; proto se zase zmenšovala tloušťka pancíře a zato se zvětšovala a zvětšuje — jde o dobu přítomnou — rychlost menších bitevních lodí.

Snad tomu bude tak nějak i v pozemním válečnictví. Zatím prožíváme prvou fázi vývoje, kdy střela zápasí s pancířem, a proto je třeba, abychom se v tomto zápolezení obou technických prvků trochu orientovali. Aby naše studie byla co nejvíce srozumitelnou pro každého pěšáka, jímž je určena, začneme s trochou chemické a mechanické technologie železa, které je výchozí surovinou pro materiál jak pancíře, tak i střely.

V praxi se neužívá nikdy chemicky čistého železa, nýbrž jen jeho slitin, a to hlavně slitin s uhlíkem, k nimž je přimíšen křemík, fosfor, síra, mangan, nikl atd. Právě tyto přimíšeniny mají největší vliv na vlastnosti železa a z nich je to hlavně uhlík, jehož procentní obsah v železe je hlavním kritériem pro posouzení vlastností železa.

Podle obsahu uhlíku dělíme železo na dva druhy, které se ostře rozlišují též fyzikálními vlastnostmi. Je to surové železo (litina) a železo kujné (někdy ocel).

Surové železo má nižší bod tání, 1050 až 1250°, specifickou váhu 7'0 až 7'7, obsah uhlíku 2'5 až 5%. Zahřeje-li se, neměkne, nýbrž hned se taví. Je tvrdé a křehké, nedá se ani kovat ani svářet. Rozeznáváme surové železo bílé, v němž je uhlík chemicky vázán v karbid železa, a surové železo šedé, v němž je uhlík přimíšen jen mechanicky v podobě grafitu.

Kujné železo obsahuje 0'05 až 1'5% uhlíku, má bod tavení 1300 až 1600°, specifickou váhu 7'6 až 7'8. Je méně křehké než surové železo. Zahřívá-li se zvolna, měkne, je kujné a dá se svářet. Dělí se opět na dvě skupiny: ocel a kujné železo.

Ocel obsahuje 0'5 až 1'5% uhlíku, je velmi pevná a kalitelná, t. j., zahřeje-li se do červena a náhle zchladí, ztvrdne, což nečiní obyčejné kujné železo. Mez kalitelnosti závisí na množství uhlíku.

Obyčejné kujné železo obsahuje 0'05 až 0'5% uhlíku, je méně houževnaté než ocel, ale tažnější, kujnější a dá se snadno svářet.

Železné rudy s obsahem nejméně 30% železa se drtí, perou a praží. Pak se sypou do vysokých pecí střídavě s vrstvami paliva, jímž bývá u nás zpravidla koks. Do pece se spodem dmychá předehřátý vzduch. V nejnižší části pece je pásmo tavicí, kde se shromažďuje roztavené železo a struska, nad ním je pásmo redukční, t. j. pásmo, v němž působí na předehřáté rudy kyslíčník uhelnatý, vzniklý pod redukčním pásmem. Nejvýše je pásmo předhřívací. Z pece se odvádí kychtové plyny, vznikající destilací hořejších vrstev paliva, a slouží k předhřívání vzduchu.

Surové železo, shromážděné v nejnižší části pece, t. zv. nístěji, se občas vypustí a zpracuje dále. Toto další zpracování záleží hlavně v odstranění takového množství uhlíku, abychom dostali buď litinu, ocel anebo kujné železo, a pak v odstranění nebo přidání různých příměsí, které propůjčují železu nebo oceli speciální vlastnosti.

Ocel se vyrábí ze surového železa nejčastěji tak, že se přebytečný uhlík spálí okysličením, a to tak, že se roztaveným surovým železem prohání vzduch anebo se k němu přimíchají látky, vyvíjející kyslík.

Je velmi poučné a důležité znát, jak působí příměs těchto jednotlivých látek. Dělíme je všeobecně na látky škodlivé a zušlechťující.

Ze škodlivých příměsí je to hlavně síra, která zmenšuje kujnost a svárnost železa a působí lámavost za tepla. Podobně působí kyslík. Fosfor zase způsobuje lámavost železa za studena, podobně působí arsen. V litině bývá fosfor mnohdy vítán, ježto ji činí sice křehkou, ale řídkou, takže dobře vyplňuje formy.

Ze zušlechťujících příměsí je to hlavně uhlík, o němž jsme už psali. Jeho vliv poznáme nejlépe z této tabulky:

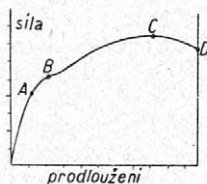
Obsah uhlíku v %	Mez pevnosti K v kg/mm ²	Poměrné prodloužení D v %	Tvrdost	Užití
0'06	34—36	30—35	nejměkčí železo	dráty, plechy, pláště střel
0'09	36—38	27—32	měkké železo	plechy, dráty, nýty
0'12	38—41	23—29	nekalitelné železo	plechy, dráty, nýty a šrouby
0'16	41—44	21—26	nekalitelné železo	části strojů, nosníky, řetězy
0'20	44—47	19—23	měkká ocel	lopaty, hřebíky
0'25	47—53	17—22	středně měkká ocel	hřídele, trubky rámu kol
0'35	53—60	14—19	středně tvrdá ocel	láhve na plyn, hřídele
0'45	60—68	11—16	měkká nástrojová ocel	kolejnice, kosy, nože, zpruhy
0'55	68—76	9—13	středně tvrdá nástrojová ocel	matrice, nástroje, lana
0'65	76—84	6—11	tvrdá nástrojová ocel	hlavně pušek, těla střel
0'75	84—92	3—8	velmi tvrdá nástrojová ocel	ložiskové kuličky
0'80	92—100	2—5	tvrdá ocel	obráběcí nástroje
až do 1'5	přes 100		sklovitě tvrdá ocel	

Podíváme-li se na tento přehled druhů železa co do obsahu uhlíku, vidíme, že by bylo možné přidáním uhlíku z měkkého železa vytvořit ocel; byl by to obrácený postup, než jaký bývá při výrobě měkkého kujného železa z litiny. V praxi takový způsob existuje a nazývá se *cementováním železa*. Železo se cementuje tak, že se předmět, o nějž jde, vloží do směsi dřevěného uhlí a kostní moučky nebo do prášku z animalní rohoviny (kopyt) a žluté krevní soli a žihá se v šamotové peci po několik dnů. Uhlík z prášku přejde do železa a vytvoří na něm vrstvu oceli v tloušťce, která se řídí dobou žihání a složením železa. Někdy se užívá plyných uhlovodíků, jako acetyleny, svítiplynu a kysličníku uhelnatého. Cementování se někdy nazývá též *harweyování* a má veliký význam pro výrobu pancířů, jak dále uvidíme.

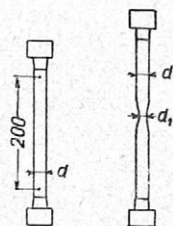
Obrácený způsob cementování je *temperování*. Při něm zase odnímáme uhlík předmětům, vyrobeným z litiny, a to tak, že se žihají v materiálu, obsahujícím kysličníky železa. Tak se levně dají vyrábět klíče k zámkům a pod.

Z jiných zušlechťujících příměsí zvyšuje kovnost a svárnost železa křemík. Mangan ulehčuje vyloučení síry a kyslíku, ale zmenšuje svárnost a zvyšuje pevnost a houževnatost na újmu tažnosti a zvětšuje tvrdost a kalitelnost. Nikl zvyšuje houževnatost; bývá ho v oceli až 25%, umožňuje výrobu antimagnetické oceli. Niklová ocel se dobře kalí, válcuje, ková i slévá. Chrom, wolfram, molybden, vanadium umožňují u speciálních ocelí zvýšení pevnosti a tvrdosti při značném zvýšení tažnosti. Takovým ocelím říkáme *legované* nebo *kelímkové* a mají velký význam pro výrobu speciálních pancéřových střel a pancířů.

V praxi posuzujeme železo podle jeho *meze pevnosti*. Abychom tuto mez zjistili, konáme t. zv. *trhací zkoušky*. Zkouška se koná tak, že se vyřízne ze zkoušeného materiálu tyč kruhového průřezu v průměru 20 mm nebo obdélníkového průřezu 10×30 mm, t. zv. normální zkušební tyč dlouhá 200 mm s rozšířenými konci, kterými se upne do trhacího stroje. Stroj napne tyč a zvyšuje stále svou tažnou sílu tak dlouho, až se tyč přetrhne. Při tom registrační zařízení trhacího stroje kreslí diagram, který je velmi poučný a charakterisuje pevnostní poměry materiálu (obr. 1).



Obr. 1.



Obr. 2.

Až do bodu A je prodloužení úměrné zatížení. Dále se děje prodloužení rychleji než zatížení a stoupá až do bodu C, v němž se tyč počne trhat. V bodě D je tyč přetržena. Bod C udává na diagramu maximální sílu,

kteřou tyč odporovala přetržení. Dělíme-li tuto sílu $P_{\max}$ v kg plochou průřezu tyče v mm^2 , dostaneme číslo, které se nazývá koeficientem pevnosti K .

$$K = \frac{P}{\pi d^2} = \frac{4P}{\pi d^2}$$

Hodnoty koeficientu pevnosti jsou na hořejší tabulce. Vidíme z ní, že kujné železo s nejmenším obsahem uhlíku 0,06% má mez pevnosti kolem 35 kg/mm^2 , kdežto ocel s velkým obsahem uhlíku přes 0,8% má pevnost vyšší než 100 kg/mm^2 , kteréžto číslo dosahuje u legovaných ocelí hodnoty 200 i více.

Koeficient pevnosti nemůže však být jediným kritériem jakosti materiálu. Proto posuzujeme ještě t. zv. houževnatost zkoušeného materiálu. Na houževnatost usuzujeme z t. zv. poměrného prodloužení tyče nebo ze zúžení tyče v místě přetržení, z t. zv. kontrakce. Poměrné prodloužení D je poměr prodloužení zkušební tyče k původní její délce podle obr. 2, tedy

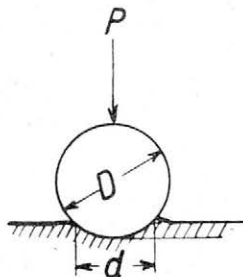
$$D = \frac{l - l_1}{l}$$

Kontrakce C je poměr rozdílu původní a zúžené plochy průřezu tyče k původní ploše, tedy

$$C = \frac{\frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4}}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{d^2 - d_1^2}{d^2}$$

V tabulce přehledu železa je napsáno poměrné prodloužení D ; vidíme, že u nejměkčího železa je až 35%, kdežto u tvrdé oceli jen 2%. Jinými slovy: Měkčí železo je málo pevné, ale hodně houževnaté, kdežto ocel je hodně pevná, ale málo houževnatá. Jak dále uvidíme, řešení vhodné střely a pancíře záleží především v správném poměru pevnosti k houževnatosti.

U hotových výrobků je ovšem těžko konat zkoušky trhací. Jde to jen tehdy, máme-li vyrobeny zkušební tyče z téhož materiálu. U cementova-



Obr. 3.

ných výrobků je pak vůbec skoro nemožné určit mez pevnosti, ježto je jiná na cementované straně a jiná na necementované, které říkáme houževnatá. Proto zde užíváme t. zv. zkoušky Brinellovy, vynalezené švédským inženýrem Brinellem r. 1900. Princip zkoušky je ten, že ocelovou kuličkou průměru D zatlačujeme tlakem P do zkoušeného materiálu. Tlak P je konstantní, na př. pro ocel je $P = 3000$ kg při průměru kuličky 10 mm. Z průměru d (obr. 3) vytlačeného důlku pak usuzujeme na tvrdost materiálu podle t. zv. Brinellova čísla tvrdosti. U pancířů žádáme na cementované straně na př. tvrdost Brinell čís. 600, na houževnaté na př. Brinell

čís. 300. Z Brinellova čísla tvrdosti lze do jisté míry usuzovat i na pevnost v tahu K , kterou jsme zjišťovali jinak při zkoušce trhací.

Kromě zkoušky pevnosti v tahu nebo Brinellovy zkoušky zkouší se někdy — podle účelu — pevnost na ohyb, na stříh, kroucení atd. Zajímavé jsou zkoušky na únavu. Při nich se velmi dobře projevuje vliv zušlechtní: čistá uhlíková ocel vydrží asi 400.000 vibrací, niklochromová 6.000.000 a vanadioniklochromová ocel až 15 milionů vibrací.

Znajíce nyní nejvýznačnější vlastnosti materiálu, přikročíme k popsaní vývoje pancířů a protipancířových střel.

Do r. 1876 byly pancíře z kujného železa naprosto homogenní. Užívalo se jich k pancéřování lodí a zčásti i pro stálé opevnění. Jejich odolnost byla dána výhradně jejich tloušťkou. Té stále přibývalo, až bylo dosaženo meze, z původních 80 až 130 mm do 550 až 660 mm, kde se vývoj zastavil pro velikou váhu pancéřování. Proto byl hledán způsob, jak učinit pancíře odolnějšími při menší tloušťce. Velké pokroky v metalurgii dovolily vyrobit pancíře z kvalitní oceli, jimiž se ušetřilo asi 30% váhy, ale nebylo mnoho zkušeností, zejména byly potíže s dosažením houževnatosti ocelových pancířů, které tvrdostí sice vyhovovaly, ale byly křehké. Vynořil se požadavek, aby pancíř měl tvrdost oceli a houževnatost kujného železa. Podíváme-li se na naši tabulku přehledu železa, vidíme, že obě tyto vlastnosti železa jsou protichůdné.

Roku 1877 přišel Angličan Wilson na nápad vyrábět pancíře, kombinované z plátu oceli vpředu a plátu železa vzadu, t. zv. pancíř kompozitní. Oba pláty byly svařovány pod tlakem válců. R. 1880 se objevily první pancíře toho druhu, když ještě rok předtím v soutěži v Dánsku zvítězily Creuzotovy pancíře celooceľové. Compoundní pancíře měly roku 1880 převahu, ale už příštího roku přišel Creuzot s pancířem z niklové oceli, který měl náležitou pevnost a zároveň houževnatost. Roku 1890 při soutěži amerického námořnictva v Annapolis mohl Creuzot úspěšně konkurovat svými pancíři z niklové oceli pancířům compoundním, které při zkušebních střelbách praskaly, kdežto Creuzotovy pancíře byly sice při stupňování nárazové energie prostřeleny, ale nepopraskaly. Tento rok znamenal opuštění pancířů compoundních, zejména když niklová ocel byla ještě zlepšena přidáním chromu. Roku 1891 přihlašuje francouzská firma St. Chamond k patentování svou chromoniklovou ocel a Schneider pak ocel s příměsí molybdenu. Na tomto pokroku mají nespornou zásluhu elektrické tavicí pece, které umožnily ideální rafinaci a legování oceli. Po r. 1891 je jakost pancířů stále zlepšována, ale každý výrobce chrání ovšem svůj výrobní proces. V jedněch zahraničních pramenech jsem našel toto složení speciální pancířové oceli:

obyčejná ocel s obsahem 0'1% C	93 %
nikl	5'2%
chrom	1'8%.

Chromu může být i méně než 1'8%, závisí to na tloušťce pancíře.

Je na biele dni, že zdokonalení cementovacích method, o nichž se zmiňuji výše, dovolilo ještě větší zlepšování pancířů, které cementováním na vnější straně dostanou sklově tvrdý povrch. Tato vrstva má za úkol ulomit hrot pancéřové střele, která pak jsouc otupena nemůže proniknout zadní houževnatou vrstvou pancíře. Takovýmto zlepšováním se došlo dnes k pancířům majícím na cementované straně mez pevnosti, blížíci se 300 kg/mm² a na straně houževnaté dosahující skoro 200 kg/mm².

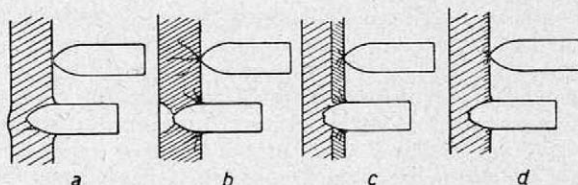
Jak rostla odolnost pancířů s jich zušlechťováním, vidíme na velmi poučných číslech limitní rychlosti střel, nutné k prostřelení

pancířů 200 mm tlustých střelou ráže 194 mm. Za limitní rychlost je zde považována taková rychlost, při níž střela sice prorazí pancíř, ale padne blízko za ním na zem. Čím je tedy tato rychlost větší, tím je pancíř lepší. Čísla jsou vzata z 3. svazku *Mémorial de l'artillerie française*, roč. 1926. Bylo dosaženo těchto limitních rychlostí:

Pancíř železný	385 m/sek.,			
„ z obyč. oceli	471	„	, t. j. více o 25%,	
„ ze speciál. oceli	528	„	„ „ „ 37%,	
„ „ „ cement.	612	„	„ „ „ 60%,	
„ lépe zpracovaný	700	„	„ „ „ 86%.	

Ježto se objevily proti cementovaným pancířům střely s čepičkami (viz dále), byly vyrobeny též pancíře veskrze tvrdé tak, že střela vnikne jen do určité hloubky, ale pak se rozdrťí hrot střely a střela se zabrzdí.

Na konci této zmínky o pancířích uvádím schematický obrázek, z něhož je vidět, jak působí jednotlivé druhy pancířů na vnikající střelu (obr. 4). Ve všech čtyřech kreslených případech jde o střelu bez M a k a-



Obr. 4.

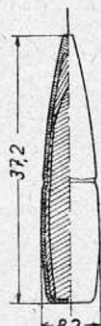
rovovy čepičky (bude vysvětleno dále). Na obr. 4a je železný homogenní pancíř. Střela do něho vniká bez znatelného svého porušení, pancíř nepraská. Obr. 4b znázorňuje ocelový kalený tvrdý pancíř. Střela při nárazu způsobuje praskliny a sama ztrácí hrot. Má-li dosti energie, vyrazí z pancíře jakousi zátku a vnitřní pětí v pancíři se projeví prasklinami. Na obr. 4c je compoundní pancíř, mající vpředu desku tvrdě kalenou a za ní desku houževnatou. Střela narazivší na sklovitě tvrdou plochu ztratí hrot, a projde-li první deskou, je v zadní houževnaté desce snadněji zadržena, ježto je bez hrotu. Obr. 4d znázorňuje cementovaný pancíř. Děj průrazu je podobný jako u pancíře 4c, ale ježto vrstva cementovaná a houževnatá jsou lépe spojeny a vlastně se zčásti prostupují, musí mít střela ještě větší rychlost než v případě 4c, má-li prorazit.

Průbojné nebo pancéřové střely.

Aby byla zvýšena průbojnost pěchotního střeliva, byly ve válce konstruovány průbojné střely do pušek a kulometů. K porozumění takovému střelivu uvedeme data německé průbojné střely. Tato střela (*Stahlkerngeschoss*, zkráceně *SmK*) vypadá v průřezu tak, jak je kresleno na obr. 5. Střela váží 11'55 g, má průřezové zatížení $z = 23'6 \text{ g/cm}^2$ a je vystřelena s $V_0 = 815 \text{ m/sek.}$ Střela se skládá z ocelového pláště vyplněného olověnou košilí, v níž je vloženo průbojné jádro z legované oceli. Balistická data této střely v srovnání s německou lehkou střelou „S“ a těžkou střelou „sS“ jsou na tabulce 1. Z této tabulky je zřejmé, že pro malé dálky není velkého rozdílu mezi střelami. Na př. na dálku 500 m je největší rozdíl

v úhlech výstřelu 0'5 dc, což je méně než pravděpodobná úchylka rozptylu zamíření prostým okem přes zářez hledí a mušku. Při zamíření zá-
měrným dalekohledem se tento rozdíl může projevit jako posun zásahu
na vertikální ploše cíle (stěny pancéřového auta) nejvýše jako
rozdíl něco přes 0'5 m na kilometr dálky. Sloupce označené
v tabulce 1 písmenem T přináležejí německé protitankové pušce,
o níž bude psáno dále.

Jak vypadá rozdíl drah, plyne z tohoto popisu: Pro rozdíl
ve V_0 je s počátku nejvýše dráha střely S, pod ní je dráha střel-
y SmK a nejnižší dráha střely sS. Na 700 m se projeví menší
průřezové zatížení (větší balistický koeficient) střely SmK proti
střele sS. Střela SmK ztratila v dálce 700 m na rychlosti už
375 m/sek. proti 304 m/sek. u střely sS. V dálce asi 800 m se
projeví nejhorší balistický koeficient střely S, jejíž dráha začne
být nižší než dráha střely sS a později, v dálce 870 m nižší než
dráha střely SmK. Do dálky asi 300 m jsou všechny střely ba-
listicky skoro stejné.



Obr. 5.

Co se týče údajů o průbojnosti těchto střel, uvádím zde tabulku z díla
gen. Schwarte: Die Technik im Weltkrieg. Číslo udávající limitní tloušťku
ocelového pancíře velmi dobré jakosti, který ještě chrání.

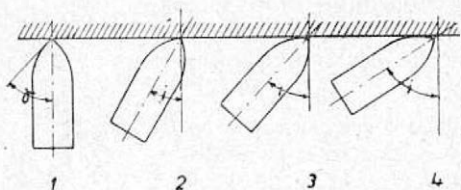
	100	200	400	1000 m
Německá střela S	5'5	5'2	4'2	2'0 mm,
„ „ SmK	11'0	10'5	9'0	5'5 „
„ „ T	26'0	23'5	21'5	18'0 „
francouzská střela D	5'0	4'5	4'0	2'2 „
anglická střela mod. VII	5'0	5'0	4'0	1'8 „
francouzská panc. střela	—	10'0	—	— „

Popsané střely tedy snad vyhovují svým účinkem proti obrněným
autům, ale nikoli proti tankům, jejichž pancíř má tloušťku 8 až 30 mm,
vyjímajíc střelu T ráže 13'25 mm. Všechny tyto střely jsou řešeny jako
střely ručních zbraní, t. j. mají olověnou košili v ocelovém plášti a jádro
z legované ocele na rozdíl od pancéřových střel kulometů hrubé ráže
a pěchotních, resp. protitankových děl, které mají tělo z legované ocele
a jsou v hlavní vedeny vodící obroučkou. I tyto speciální protipancéřové
střely procházely svým vývojem nejprve v námořní zbrojní technice. Ten-
to vývoj byl podobný vývoji pancířů. Nejprve se prostě zvětšovala ráže
střel a hledělo se dosáhnout průbojnosti zvýšením hmoty střely. Tak se
dospělo mezi, t. j. k ráži asi 40 cm, kde se zvětšování ráže zastavilo, aby se
místo ní zlepšovala kvalita střel. Zase to byly legované ocele, které po-
mohly zvýšit průraznost. Příklad takové oceli:

obyčejná ocel s 0'5% uhlíku	95'85%,
chrom	1'2 %,
mangan	0'45%,
nikl	2'5 %.

Co žádáme od pancéřové střely? Předně dobrý balistický koe-
ficient, aby neztrácela mnoho na konečné rychlosti a tím i nárazové
energii. Co se týče technologických vlastností je třeba, aby

při nárazu na pancíř mělo tělo střely dostatečnou odolnost a vydrželo náraz bez deformace, dále, aby hrot střely byl tak ostrý, aby snadno rozrazil cementovanou část pancíře a umožnil tak neporušené střele vniknout do houževnaté části pancíře. Při tom nesmí být hrot zase tak ostrý a křehký, aby se ulomil.

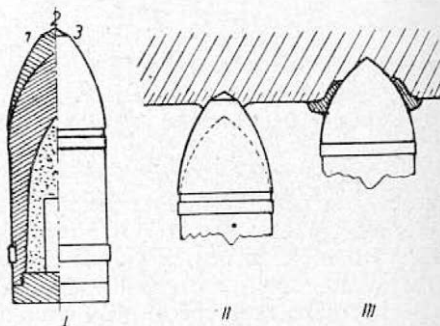


Obr. 6.

Při nárazu střely na pancíř mohou nastat tyto případy (obr. 6):

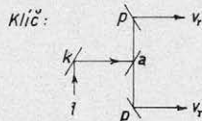
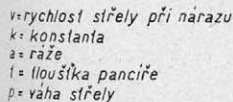
1. střela narazí kolmo a má tolik energie, že prorazí; tato energie je stejně veliká i pro ostatní případy. Střela tedy prorazí;
2. $\gamma < (90 - i)$ střela může ještě prorazit;
3. $\gamma = (90 - i)$ střela může ještě prorazit;
4. $\gamma > (90 - i)$ střela narazí v bodě b a nemůže prorazit, nýbrž způsobí jen vyhloubení (brázdu), má-li dosti energie. Aby tento případ byl co nejméně často, dáváme úhlu γ malou hodnotu, což přispívá též k zlepšení balistického koeficientu střely; někteří konstruktéři doporučují, aby hodnota γ nebyla menší než 45° , aby hrot byl dosti masivní a neulamoval se. Z téhož důvodu bývají hroty střel někdy zkromoleny.

Nejlepším zařízením k tomu, aby se střela nesmekla při nárazu na sklovitě tvrdý pancíř a aby její hrot vydržel obrovské namáhání při nárazu, je t. zv. *Makarovova čepička*. Je to čepička z měkké oceli, která pokrývá hrot střely tak, jak je kresleno na obr. 7, levá polovina v řezu, pravá v pohledu. Část čepičky 123 je zakalena, aby rozrušila přední stěnu pancíře. Při nárazu vnikne do pancíře nejdříve přední část čepičky a rozruší cementovanou vrstvu (obr. 7/II). Jakmile je však čepička zabrzděna, vystavujíc velikou plochu proti pancíři, prorazí skrze ni vlastní střela svou přední částí a má nyní před sebou už jen houževnatou část pancíře nebo ještě malou část cementované vrstvy, v níž je však už způsoben první vlom intaktního hrotu střely. Měkká ocel čepičky utvoří kolem vnikajícího těla střely jakési ztužení a zároveň vedení střely a při tom podle některých autorů slouží též jako mazadlo, zmírňující tření mezi tělem střely a pancířem (obr. 7/III). Hrot střely musí být tvrdý a houževnatý, kdežto ostatní tělo střely má být jen houževnaté. Proto u střel z legovaných ocelí jsou kaleny jen hroty, po případě bývá hrot z jiné oceli než tělo. Čepičky, o nichž tu píšeme, jsou vynálezem ruského admirála Makarova. Úspora, již se dosáhne střelou s Makarovovou čepičkou, je až 60% konečné rychlosti střely, t. j. střela bez této čepičky musí mít limitní rychlost o 40% větší než střela s čepičkou. Proto se jich všeobecně užívá. Ježto Makarovova čepička musí být poměrně tupá a zhoršuje tedy balistický koeficient tím, že zvětšuje tlakovou složku odporu vzduchu, používá se ještě t. zv. *falešných špiček*. Jsou to lehké duté špičky, mající vrcholový úhel stejně ostrý, jako bývá u nárazových granátů; bý-



Obr. 7.

podle Marreeva vzorce $v = k \frac{a^{0,75} 10,7}{p^{0,5}}$ $p \text{ (kg)}$



Počítal a křestil: mjr. pěch. Ing. J. Valníček vrb. Pěchotní Rozhledy 20. VII. 37

Pro orientační výpočet, je-li $a \neq 1$, lze užít:

- a) střela bez Makarovovy čepečky:
pancíř homogenní, ocel obyčejná $k = 1530$
" " " " speciální $k = 1680 \div 1800$
" cemenťovaný $k = 1980 \div 2140$
- b) střela s Makarovovou čepečkou,
pancíř homogenní, ocel speciální $k = 1910$
" cemenťovaný $k = 1760$
- c) její ať platí pro změnu k:

$$\therefore dk = 600 \left(1 - \frac{t}{a} \right)$$

vají připojeny na Makarovově čepičce, takže se pak tvar pancéřové střely neliší od tvaru střely nárazové a lze pro obě střely použít stejné dálkové stupnice, je-li V_0 stejné.

Prohlížíme-li si pancéřovou střelu, nesmí nás překvapit, že je poměrně krátká. Je to proto, že střela je vystavena velikému namáhání při nárazu na pancíř, a kdyby byla dlouhá, snadno by se ohnula.

Pancéřový granát nesmí jen prorazit pancíř, tím není skončena jeho činnost. Je třeba, aby z a p a n c í ř e m v y b u c h l, proto musí mít trhací náplň. Ježto pevnost těla granátu je podmínkou par excellence a vyžaduje tedy hojně materiálu, nezbude na trhací náplň velký prostor. Proto náplň mívá někdy jen i 3% váhy střely; za to je užito trhaviny vysoce brisantní. Takováto trhavina je zase značně citlivá při nárazu střely na pancíř jednak k tomuto nárazu, jednak k teplu, které se vyvine, a proto se obvykle flegmatizuje, aby tato citlivost byla zmenšena. Výkonnost trhaviny ovšem nesmí při tom utrpět. O jak delikátní problém zde jde, svědčí tvrzení gen. Schwarte v knize „Die Technik im Weltkrieg“, že prý se nepodařilo Angličanům najít vhodnou trhavinu pro pancéřové granáty, a tu prý užívali černého prachu, který je ovšem málo výkonný. Nemenšího významu je též otázka vhodného zapalovače, který musí působit po proražení pancíře. Je to ovšem nárazový zapalovač se zpožděním, který je montován ve dnu střely.

V dosavadním stručném pojednání o průstřelu pancířů jsme si ujasnili zhruba zvláštnosti, s kterými tu musíme počítat, a můžeme přikročit ke kvantitativnímu rozboru problému.

Za stejných jinak okolností je hloubka vniku střely do cizího tělesa přímo úměrná kinetické energii střely (mimo zvláštní případy, na př. jako je střelba do písku plášťovými střelami), kterou počítáme známým vzorcem

$$E = \frac{p V_r^2}{2g}$$

kde E je kinetická energie střely v okamžiku nárazu v kgm,

p je váha střely v kg,

V_r je rychlost střely v okamžiku nárazu v m/sek.,

g je zrychlení tíže zemské.

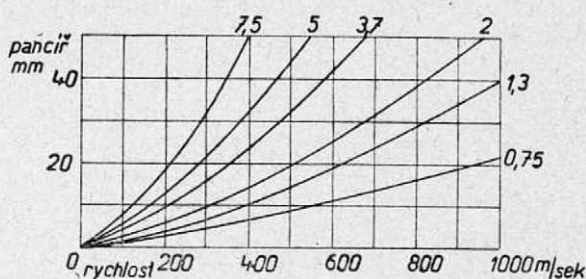
Učíme si nyní malou úvahu: Máme 2 střely, jednu ráže 7'92 mm, druhou ráže 3'7 cm. Obě necháme dopadnout se stejnou kinetickou energií na př. na železný špalek. Která střela vnikne hlouběji? Zajisté střela ráže 7'92 mm, neboť odpor, s nímž se setká, je mnohem menší vzhledem k menšímu příčnému průřezu střely i k menšímu obvodu střely, který se tře o železo, do něhož vniká. Proto říkáme, že hloubka vniku je nepřímou úměrná hodnotě N , která je funkcí obvodu a průřezu střely. Abychom pak mohli poměry při různých rážích srovnávat, mluvíme o specifické energii S , jejíž symbol je

$$S = \frac{\frac{p V_r^2}{2g}}{N} \dots \dots \dots 1.$$

Hloubka vniku je pak úměrná specifické energii násobené faktory, které vyjadřují odporovou schopnost materiálu jak střely, tak prostředí, do něhož střela vniká. Musíme si však při tom uvědomit, že hloubka vniku není stejný pojem s průrazností. Střela, která prorazí na

př. 3 cm železný pancíř, nevnikne nikdy 3 cm hluboko do železného špalku, i když mez pevnosti a houževnatost špalku a pancíře budou stejné. Zrovna tak střela, která prorazí pět železných desek 4 mm tlustých, umístěných za sebou se vzdálenostmi po 20 mm, tyto desky neprorazí, přiložíme-li je na sebe.

Všimneme-li si vzorce 1, vidíme, že zvětšujeme-li ráži, zvětšuje se číselník s třetí mocninou, kdežto jmenovatel nejvýše s druhou mocninou. Z toho plyne, že je-li S stejné, je při stejné energii ve výhodě malá ráže, kdežto při stejné rychlosti střely zase velká ráže. Na obr. 8, převzatém



Obr. 8.

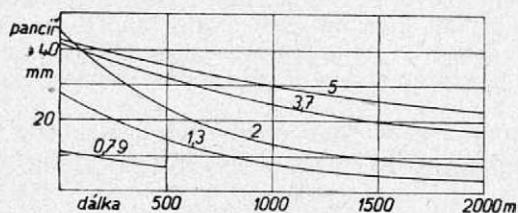
z knihy dr. Dänikera, podplukovníka švýc. gen. št., „Einführung in die Waffenlehre“, Zürich 1927, je vidět velmi názorně, jak souvisí průraznost pancíře s ráží a rychlostí střely. Ježto však není uvedena kvalita pancíře ani střely, doporučuji pohlížet na diagram jen jako na pomůcku k utvoření vlastního názoru a představy o relativních hodnotách.

Je velmi poučné číst z diagramu poměry při proražení pancíře tlustého 20 mm. Zde opis tabulky, kterou uvádí dr. Däniker:

Ráže cm	Váha kg	Náraz. rychlost m/sek.	Kinetická energie kgm
0'75	0'0713	910	500
1'3	0'0525	620	1000
2'0	0'15	505	2000
3'7	0'76	360	5000
5'0	1'75	280	7000
7'5	6'0	220	15000

Z diagramu bychom mohli též usuzovat na to, jak se zvýší průraznost střely s ráží. Na př. pro rychlost 400 m/sek. prorazí střela ráže 0'75 asi 7'5 mm pancíř, kdežto střela ráže 10krát větší, t. j. 7'5 cm s touž nárazovou energií prorazí pancíř 50 mm, t. j. asi jen 7krát tlustší. Tento poznatek však mohl vést k nesprávným závěrům a platil by jen tehdy, pokud bychom studovali průraznost s danou střelou a konečnou rychlostí. Víme však, že střela ráže 7'5 cm má balistický koeficient až 10krát lepší než střela ráže 0'75 cm, neboli její ztráta rychlosti za letu vzduchem je mnohem menší. Proto, studující průraznost jakožto děj integrální, složený

z různých dílčích zjevů, dospějeme k jinému závěru. Můžeme tak učinit z jiného velmi poučného diagramu, vzatého rovněž z Dänikerovy knihy *Schiesslehre der Infanterie in Grundzügen*, Berlin 1934, obr. 9.



Obr. 9.

Na tomto diagramu je uvedena průrazová schopnost přímo v dále střelby — je tedy už započten vliv balistického koeficientu a přihlíženo k počáteční rychlosti. Údaje platí pro úhel nárazu $i = 0$, při čemž údaje o střelách jsou tyto:

Ráže mm	Váha kg	Počáteční rychlost m/sek.
7'92	0'0115	815
13	0'0525	800
20	0'14	800
37	0'80	600
50	1'88	500

Z diagramu je velmi dobře vidět, jak si střely větších ráží lépe zachovávají svou průraznost na větší dálky. Srovnej na př. průběh závislosti pro střely ráže 20 mm a 50 mm.

Vzorec 1, v té formě, jak je napsán, slouží jen „pour fixer les idées“ k posouzení více méně kvalitativnímu než kvantitativnímu, které hledáme. A tu musíme říci, že dosud neexistuje čistě racionální theorie, která by spolehlivě a přesně vystihovala poměry při prostřelení pancíře a s jejíž pomocí bychom mohli s žádoucí přesností vypočíst limitní rychlosti střely pro daný pancír a střelu. Hodnoty, které jsou vyjádřeny v diagramech obr. 8 a 9, byly získány čistě pokusně. K praktickým výpočtům se tedy používá vzorců, získaných rovněž empirickou cestou z mnoha pokusů zpracováním jejich výsledků počtem vyrovnávacím a odvozením náhradních funkcí. Racionální řešení problému je prakticky nemožné hlavně proto, že není možné určit, kolik energie při průrazu připadá na vlastní průraz a kolik na deformaci prostředí a střely, a pak proto, že se celý děj odehrává v nepatrném časovém diferenciálu. Jak vypadají poměry vnitřních pětí, vůbec nevíme.

Počítáme-li s tím, že se střela při nárazu nedeformuje, a není-li pancír příliš tlustý, lze se spokojit rovnicemi vybudovanými na základě předpokladu, že odpor proti vnikání střely závisí jen na dráze, kterou urazila střela v pancíři. Takové rovnice najdeme na př. v Gebauerově matematice, II. díl:

- příklad 116: podle Ponceleta a Didiona $R = -(a_0 + a_2 V_r^2)$,
 „ 117: podle Résala $R = -V_r (a_1 + a_2 V_r)$,
 „ 118: podle Moissona $R = A \sqrt{V_o' - V_r}$,

kde R je zpoždění střely prorážející hmotu, A , a_0 , a_1 , a_2 jsou konstanty prorážené hmoty V_0' , V_r je rychlost střely při nárazu, resp. okamžitá rychlost v prostředí.

Jestliže v těchto rovnicích vyjádříme zpoždění poměrem diferenciálů rychlosti a času a známe konstanty prorážené hmoty, můžeme integrálním počtem vypočíst dobu, po jejímž uplynutí se střela zastaví ($V=0$), a z toho pak i dráhu, kterou střela urazila v prorážené hmotě neboli limitní tloušťku.

Z jiných vzorců je velmi jednoduchý vzorec Kruppův z r. 1880, který uvádí Cranz v svém klasickém díle „Lehrbuch der Ballistik“:

$$E = 100 t \sqrt[3]{\frac{t}{a}} \dots \dots \dots 2,$$

kde E je kinetická energie v kgm pro cm^2 průřezu střely,

t je tloušťka pancíře v cm,

a je ráže v cm.

Vzorec platí pro Kruppův kovaný pancíř. Protože však dnešní pancíře jsou ze zcela jiného materiálu, nemůže vzorec 2 vyhovovat, po případě by bylo třeba koeficient 100 nahradit jiným číslem.

Mémorial de l'artillerie française, 1. svazek 1935 uvádí pro průraznost tupé cylindrické střely zajímavý vzorec, v němž konstanty získávané u jiných vzorců pokusně jsou nahrazeny Brinellovým číslem tvrdosti:

$$10^{-2} V = \frac{4}{5} \sqrt{\Delta} \sqrt[3]{\frac{a^2 t}{p - 3 a^2 t}} \dots \dots \dots 3,$$

kde je V limitní rychlost střely, potřebná k průrazu,

Δ = Brinellovo číslo tvrdosti,

t tloušťka pancíře,

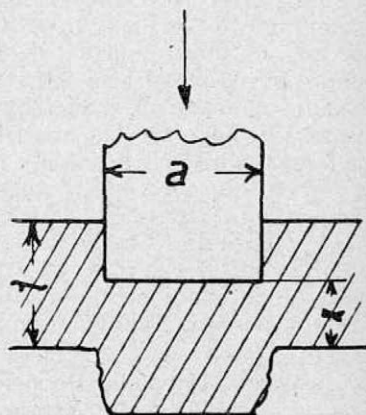
p váha střely,

a ráže střely.

Pro ogivální střelu je rychlost V zmenšena v poměru $\frac{t}{t+h}$, kde h je výška ogiválu.

Nejužívanější a poměrně nejspolehlivější vzorce jsou ty, které vycházejí z kinetické energie střely, a považují odolnost pancíře za úměrnou obvodu kružnice, resp. průměru střely. Takto získaný vzorec nevystihuje sice přesně poměry při průrazu, ale jeho tvar slouží k vyrovnání prakticky získaných výsledků při postřelu pancířů, při čemž si vypořádáme konstantami empiricky získanými. Odvození takového vzorce je poměrně snadné.

Představme si, že střela ráže a má vyrazit z pancíře váleček o výšce, rovnající se tloušťce pancíře t . Pevnost pancíře buď s (t. j. síla, již je třeba k vyražení profilu o průřezu = 1). Obr. 10. V určitém okamžiku vnikla střela, mající tvar válce, do pancíře tak, že z něho vytlačila



Obr. 10.

zátku, která je spojena s rozrušeným materiálem ještě v délce x . Na střelu působí v tomto okamžiku síla, kterou vypočteme, násobíme-li plochu obvodu o výše x pevností, tedy

$$A = \pi a x s.$$

Jestliže nyní střelu posuneme o malý úsek, t. j. o diferenciál dráhy, bude práce k tomu potřebná (předpokládáme dokonale pružný pancíř)

$$dA = \pi a x s dx,$$

Sílu, již je třeba k vyklisování zátky v celé tloušťce pancíře t , vypočteme integrací v mezích $x_1 = 0$, $x_2 = t$:

$$A = \int_{x_1=0}^{x_2=t} \pi a x s dx$$

Řešením integrálu dostaneme

$$A = \pi a s \left[\frac{x^2}{2} \right]_0^t \text{ a dosazením mezi}$$

$$A = \pi a s \left[\frac{t^2}{2} - 0 \right] = \frac{a}{2} \pi s t^2.$$

Víme, že tato práce musí být rovna kinetické energii střely, tedy

$$\frac{p}{2g} V_r^2 = \frac{a}{2} \pi s t^2.$$

Řešíme-li tuto rovnici podle V_r , dostaneme

$$V_r = \sqrt{\pi s g \frac{a}{p} t^2}.$$

V této rovnici je π , s , g konstanta pro daný pancíř, takže můžeme psát:

$$V_r = k \sqrt{\frac{a}{p} t};$$

abychom rovnici zbavili odmocnítka, píšme

$$V_r = k \frac{a^{0.5}}{p^{0.5}} t \dots\dots\dots 4.$$

Tato rovnice by platila tehdy, kdyby střela měla opravdu cylindrický tvar s rovným dnem a pancíř dovolil takový průhyb materiálu, jak je kresleno na obr. 10. To však ve skutečnosti není. Můžeme však říci, že poměry při průrazu pancíře střelou budou přibližně takové, jak je zachycuje vzorec 4, kterým si tedy celý děj průrazu symbolisujeme, dosadivše všem třem nezávisle proměnným obecné exponenty. Dostaneme tak vzorec

$$V_r = k \frac{a^n}{p^m} t^z \dots\dots\dots 5.$$

Francouzský plukovník Jacob de Marre našel praktickými pokusy hodnoty exponentů n , m a t a dal vzorci tvar, jehož se hojně užívá v praxi:

$$V_r = k \frac{a^{0.75}}{p^{0.5}} t^{0.7} \dots\dots\dots 6.$$

Marreův vzorec slouží k vyrovnání výsledků střeleb a má velmi dobrý orientační význam. Vypočtením konstanty k lze se vždy dobře přesvědčit o poměrech, které byly při pokuse. Píši výhradně o poměrech, neboť průraz pancíře je třeba vždy považovat za děj integrální, složený z mnoha diferenciálů, z nichž namátkou uvádím: poměr ráže k tloušťce pancíře, tvrdost pancíře, tloušťka cementované vrstvy a poměr této tloušťky k vrstvě houževnaté, tvar hrotu střely, stabilita střely v okamžiku nárazu, tvrdost hrotu střely atd. Velkého zklamání by se dožil ten, kdo by prostě dosazením hodnoty k z dřívějších pokusů chtěl počítat přesnou potřebnou rychlost střely pro nový pancíř nebo novou střelu. Mohl by výsledku přisoudit jen orientační význam. Co se týče číselných hodnot konstanty k , která je právě hlavním kritériem při posuzování děje průrazu, bývá: pro nepodepřený pancíř:

a) střela bez Makarovovy čepičky:

pancíř homogenní, ocel obyčejná	$k = 1530$,
pancíř homogenní, ocel speciální	$k = 1680$ až 1800 ,
pancíř cementovaný	$k = 1980$ až 2140 ;

b) střela s Makarovovou čepičkou:

pancíř homogenní, ocel speciální	$k = 1910$,
pancíř cementovaný	$k = 1760$.

Tato čísla však platí pro poměry, kdy $a = t$; je-li $t < a$, jsou větší. Hledejme, na čem závisí konstanta k . Z rovnice 6 najdeme

$$k = \frac{p^{0.5} V_r}{a^{0.75} t^{0.7}} \dots\dots\dots 7.$$

(Příště dále.)

Poručík pěch. Miloš Plánský:

Praktické poznatky o spolupráci letectva s pěchotou.

Můj článek má přispět k vzájemnému porozumění ve spolupráci mezi dvěma zbraněmi, pěchotou a letectvem. Víím, jak široké pole působnosti se otvírá každému pozorovateli zbraní po příchodu od letectva. Ale porozumění pro využití leteckého pozorovatele je dosud, hlavně u pěchoty, poměrně malé.

Důsledek toho je, že se letecký pozorovatel u zbraní snaží, aby co možná nejméně stavěl na oči svým představeným všechny letecké zkušenosti. Právě proto chci v této úvaze poukázat alespoň na některé možnosti využití leteckých pozorovatelů u pěchoty, poněvadž látka je velmi obsáhlá.

Činnost pozorovatele pěchoty můžeme si rozdělit na dvě velké skupiny. Předně je to působení a činnost, jak usnadnit těžkou práci letci, pracujícímu s pěchotou. O některých problémech se jen zmíním, protože bylo již o nich častěji debatováno a jsou celkem známé.