



Prostory

- stačí zahradní stůlek a kousek místa na dvorku
- výhodou je dílna / garáž
- při práci s kartitem nebo laminátem pozor na prach, je karcinogenní (malé děti vyhnat, při intenzivním broušení elektrickým nářadím neuškodí rouška, neprášit sousedům do oken)

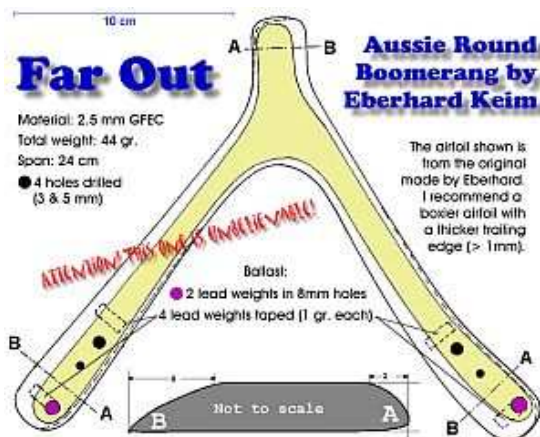
Předloha

Ideální předloha je originál spolehlivý bumerang. Oproti plánku má dvě velké výhody:

- můžeš si ho dokonale proměřit, zvážit atd.
- přesně víš, jak se má tvůj výrobek v letu chovat, tj. poznáš, jestli už je doladěný nebo ne

Výroba podle plánku:

- tisíce plánek volně ke stažení: <http://www.kutek.net/boomplans/plans.php>
- plánek je tím lepší, čím více ti dává informací: měřítko výkresu, obrys bumerangu, materiál, jeho tloušťka, přesné profily bumerangu na několika místech, letové vlastnosti (dolet, výška letu atd.), pokyny pro tuning (nejčastěji hmotnost a umístění závaží, výška pronutí ramen) atd.



2. Pojmy a minimum z teorie

Části těla bumerangu

Strany

- **horní** strana bumerangu = více klenutá a většinou barevnější
- **spodní** strana bumerangu = ta druhá :-)

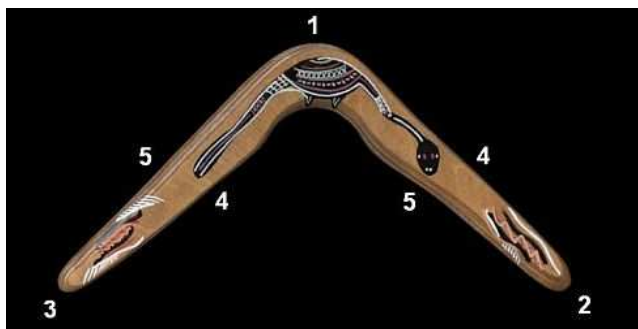


Loket a křídla dvouramenného bumerangu:

- **lokět** (č. 1) spojuje ramena
- rameno (křídlo) **přední**, vlečné = č. 2
- rameno (křídlo) **zadní**, vlečené = č. 3
- u leváka jsou ramena přehozená

Hrany

- hrana **přední**, náběhová = č. 4
- hrana **zadní**, odtoková = č. 5
- u leváka jsou hrany přehozené





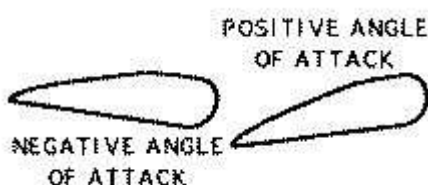
Prohnutí bumerangu

Prohnutí bumerangu nahoru = viz obr., prohnutí bumerangu dolů = opak.



Úhel náběhu

Pozitivní (kladný) úhel náběhu = přední hrana je zvednutá nad úroveň zadní hrany.
Negativní (záporný) úhel náběhu = opak.



Tvar bumerangu

Úhel ramen v lokti, u dvouramenných:

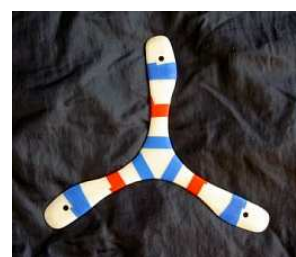
- nejčastější úhly jsou mezi 70° a 140°, větší úhel bývá v letu nestabilní
- zmenšením úhlu se prodlouží dolet
- na výrobu i na házení je nejnázší úhel 90°

Konce ramen:

- mírně zahnuté dopředu ve směru rotace = bumerang se v letu položí později nebo vůbec (viz obr.)
- mírně zahnuté dozadu proti směru rotace = bumerang se v letu položí brzy (viz obr.)
- rozšířené = posouvají těžiště blíže k sobě a tím pomáhají udržet rotaci

Bumerang symetrický třiramenný a víceramenný:

- odpustí ti více výrobních chyb než dvouramenný
- snáze než dvouramenný si udrží rotaci a stabilitu v letu (je snázší na házení)
- čím větší je plocha materiálu v centru bumerangu (tj. v centru rotace), tím více se bumerang bude v letu pokládat



3. Postup výroby

Jak vyříznout tvar z desky

1. zjistí, na kterou stranu je deska **prohnutá** (protože bumerang může být prohnutý nahoru, ne dolů), každá deska aspoň trochu prohnutá je
2. zkusmé říznutí – pokud se ti na jedné ze stran materiálu vytrhávají **třísky**, řež později tak, aby se třísky vytrhávaly na vrchní straně bumerangu, ne na spodní (protože na vrchní straně budeš hrany sbrušovat pilníkem do aerodynamického profilu, zatímco na spodní straně budeš pilníkem zasahovat podstatně méně nebo vůbec)
3. výrobní plánek bumerangu **podlep** tuhou čtvrtkou a pak tvar bumerangu **vystřižni**
4. obrys bumerangu **obkresli** na desku a **vyřízni**

Jak profilovat křídla

- postupuj po menších krocích proložených testovacími hody (vždycky můžeš snadno ubrousit o trochu víc, ale zpátky už materiál nedáš)
- při broušení hran překlížky rašplí / pilníkem moc netlač, vlákna se pak lámou

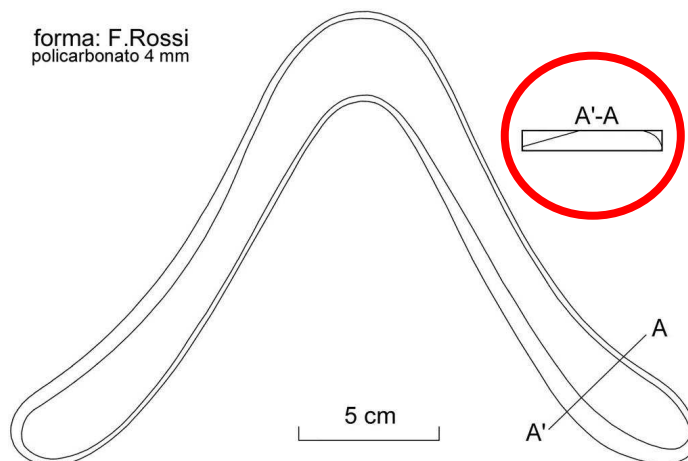


Nejobvyklejší „vzorec“ profilu křídla bumerangu:

- přední hrana sbroušená shora pod úhlem **cca 45° do cca 1/2 tloušťky** křídla
- zadní hrana sbroušená shora pod úhlem **cca 22-30° do cca 1/4 tloušťky** křídla
- spodní strana bumerangu ponechána bez zásahu

Postup profilování

5. urči horní a spodní stranu bumerangu (**prohnutá** nahoru = horní)
6. v případě potřeby si na vrchní straně bumerangu podél hran udělej tužkou značky, které ti při broušení napoví (z boční strany překlížky tě snadno povedou hranice vrstev)
7. sbruš všechny **přední hrany** (tj. měl bys být schopen udržet konstantní náklon pilníku)
8. sbruš všechny **zadní hrany** (dtto)
9. celý bumerang včetně spodní hrany **sbruš papírem** o drsnosti 60 (80) a 120
10. překlížka: nanes na celý povrch včetně hran (!) **vrstvu tvrdého laku** (aby se při testovacích hodech s tvrdšími přistáními překlížka nepoškrábala a nedostala se do ní z boku špína)





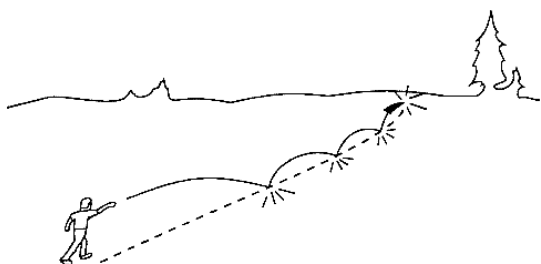
4. Testovací hody, hledání chyb

Úvodem:

- k testování nedokončených bumerangů je nezbytné, abys měl **dobře zvládnutou techniku házení bumerangu (!)** a podával **konstantní výkon** (tj. byl schopen několikrát za sebou přesně zopakovat tentýž hod); jen tak budeš schopen **rozlišovat mezi chybou bumerangu a chybou ruky**
- korekce, které lze provést přímo na louce, prováděj přímo tam (tím je zajištěna maximální možná vyrovnanost tvých hodů – tvůj vrhačský výkon druhý den může být odlišný)
- **testovací hody dělej po každé jednotlivé úpravě bumerangu** (ne až po více úpravách najednou), jen tak budeš schopen říci, která konkrétní úprava měla který konkrétní účinek a kterou úpravu je případně potřeba vzít zpět

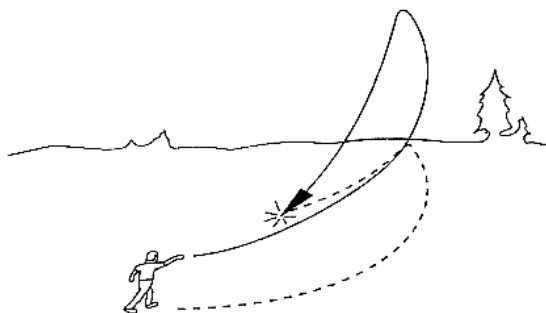
Odvození chyby z letové křivky

- obecně: chyba, která se projevuje v první polovině letové křivky, se zpravidla (!) odstraní úpravou předního křídla; zadní křídlo má obdobný vztah k druhé polovině letové křivky a loket k nejvzdálenějšímu místu od vrhače



- a) chyba vrhače: málo rotace, nebo zkroucené zápěstí
b) chyba bumerangu:

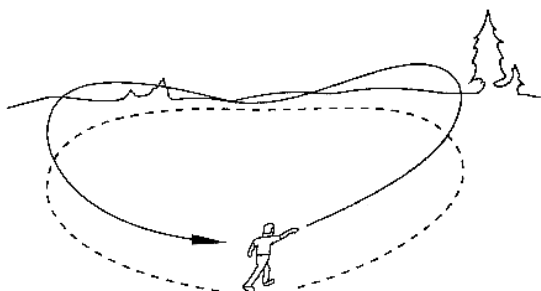
- je prohnutý dolů, nebo
- nemá dost vztlaku, nebo
- je moc těžký, nebo
- má příliš mnoho děr nebo jiných brzd



- a) chyba vrhače: příliš velký náklon

- b) chyba bumerangu:

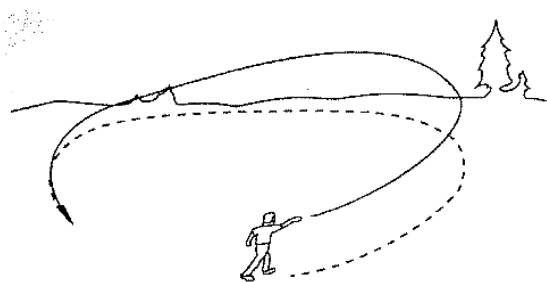
- je prohnutý nahoru, nebo
- přední rameno má moc vztlaku



- a) chyba vrhače: hozeno s malým náklonem a/nebo malou silou a/nebo příliš vysoko

- b) chyba bumerangu:

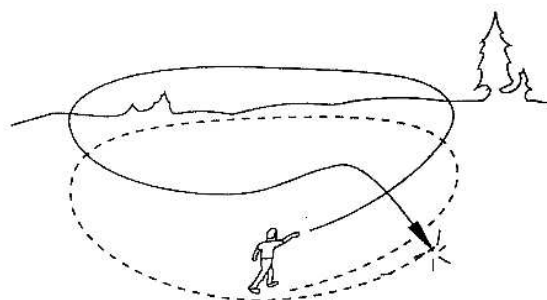
- min. jedno rameno je prohnuté dolů, nebo
- zadní rameno má v porovnání s předním ramenem příliš vztlaku (možná je delší, širší, tlustší), nebo
- víceramenný: otvor ve středu bumerangu je příliš velký



a) chyba vrhače: málo síly, a/nebo málo rotace, a/nebo s malým náklonem

b) chyba bumerangu:

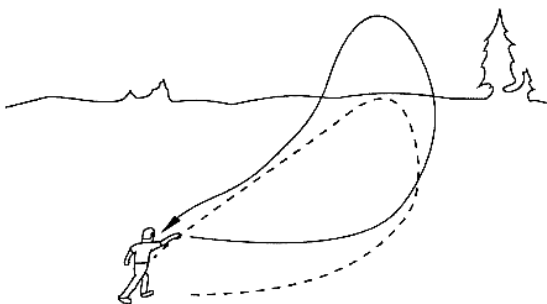
- má moc děr nebo jiných brzd, nebo
- má příliš drsný povrch, nebo
- zadní rameno má v porovnání s předním ramenem málo vztlaku (možná by mělo být delší, širší, tlustší), nebo
- víceramenný: bumerang má nízký vztlak



a) chyba vrhače: málo náklonu, nebo hod moc nízko

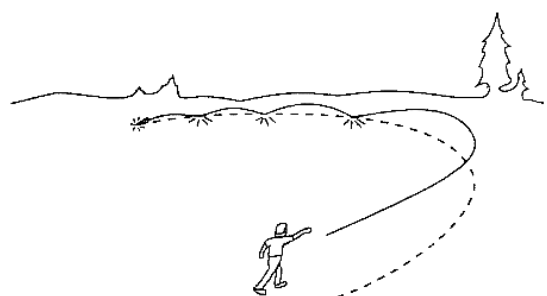
b) chyba bumerangu:

- přední rameno má v porovnání se zadním ramenem malý vztlak (možná by mělo být delší, širší, tlustší), nebo
- víceramenný: bumerang má příliš velký vztlak



a) chyba vrhače: hozeno moc nízko

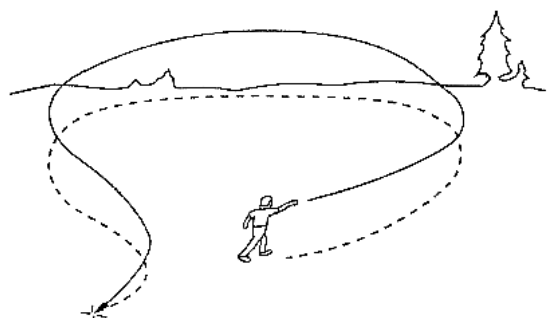
b) chyba bumerangu: přední rameno má v porovnání se zadním ramenem moc velký vztlak (možná je delší, širší, tlustší),



a) chyba vrhače: malý náklon, nebo malá síla, nebo málo rotace

b) chyba bumerangu:

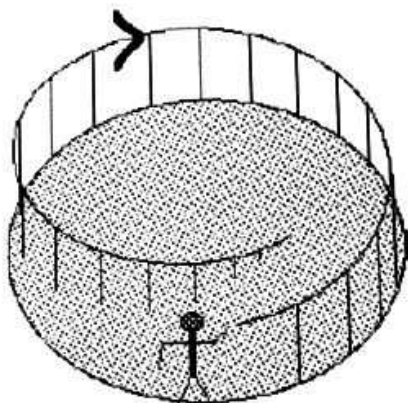
- min. 1 rameno je prohnuté dolů, nebo
- přední rameno má negativní úhel náběhu, nebo
- zadní rameno má v porovnání s předním moc vztlaku (možná je delší, širší, tlustší)



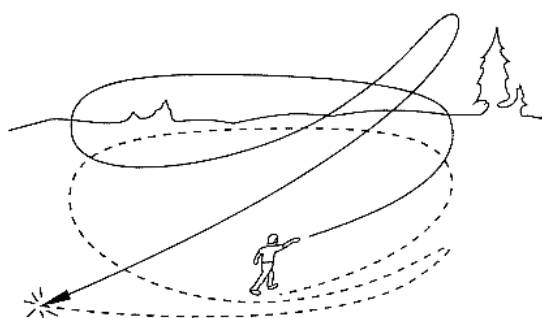
a) chyba vrhače: moc nízko

b) chyba bumerangu:

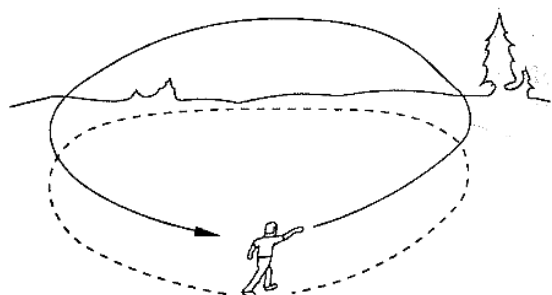
- je prohnutý, nebo
- přední rameno má v porovnání se zadním moc vztlaku (možná je delší, širší, tlustší), nebo
- zadnímu rameni chybí pozitivní úhel náběhu



chyba bumerangu: zadní rameno má příliš kladného úhlu
náběhu



a) chyba vrhače: moc síly
b) chyba bumerangu: málo brzdí



tak by to zhruba mělo vypadat
(platí pro běžný bumerang, ne např. pro závodní speciál
k disciplíně Trikové chytání)



5. Korekce

Úvodem:

- tvým cílem je **dosáhnout rovnováhy sil** působících na bumerang během letu – má-li tedy podle letové křivky např. přední rameno v porovnání se zadním ramenem moc vztlaku, máš dvě možnosti: 1) zvýšit vztlak na zadním rameni, nebo 2) snížit vztlak na předním rameni (tj. **vždy je více než jeden způsob**, jak k rovnováze dojít, záleží na úhlu pohledu)
- každá korekce má své „vedlejší účinky“, je dobré otestovat více způsobů řešení dané chyby

Jak korekce stupňovat

Vždy postupuj od drobných vratných korekcí po větší nevratné:

1. **malé nedestruktivní úpravy:** navlečená zavařovací gumička, brzda z lepicí pásky, závaží přilepené páskou, lepší vyhlazení / zdrsnění povrchu bumerangu
2. **střední potenciálně destruktivní úpravy:** ohýbání křídla, kroucení křídla
3. **velké destruktivní úpravy:** podbroušení hrany, vrtání otvorů, zapuštění závaží dovnitř křídel apod.

Co když to nedopadlo dobře:

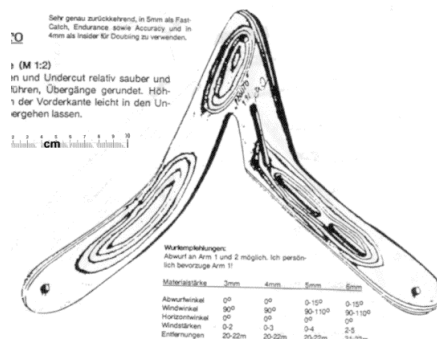
4. udělat tentýž bumerang znovu, ale tentokrát přední / zadní hranu **sbrousit méně** a pak jim ubírat po malých krůčcích
5. udělat tentýž bumerang znovu, ale z **jiného materiálu**
6. vybrat si k výrobě úplně **jiný tvar** bumerangu

Druhy korekcí

Vztlak

Jak vztlak **zvýšit**

- prohnutí křídla: prohnout nahoru (do 15° to příliš nezvýší odpor vůči vzduchu)
- úhel náběhu: přidat pozitivní
- přední hrana: podbrousit (obr.), nebo udělat tupější
- zadní hrana: prodloužit sklon
- spodní strana: vyhloubit prohlubeň, viz obr. (prodloužení spodního obrysu profilu křídla sice vztlak redukuje, ale snížení hmotnosti vztlak zvýší o větší díl)
- povrch: vyhladit horní stranu bumerangu a zdrsnit spodní
- vyrobit bumerang znovu: z tlustšího materiálu (bude více brzdit, tj. bude mít ztráty na rotaci, kratší dobu snášení apod.), nebo z lehčího materiálu, nebo s delší vzdáleností konců křídel od centra rotace



Jak vztlak **snížit**

- prohnutí křídla: prohnout dolů
- úhel náběhu: přidat negativní
- ramena: udělat tenčí
- přední hrana: udělat ji ostřejší, více do špičky
- zadní hrana: podbrousit



- závaží: přidat rovnoměrně po ploše bumerangu (obr.)
- brzdy: provrtat křídla (nejprve zkus přidat spoilery z pásky)
- povrch: vyhladit spodní stranu bumerangu a zdrsnit horní
- vyrobit bumerang znovu: z tenčího materiálu, nebo z těžšího materiálu, nebo s kratším sklonem na zadní hraně křídla, nebo s kratší vzdáleností konců křídel od centra rotace, nebo s užšími křídly



Rotace

Jak rotaci **zvýšit**

- závaží: přidat ke koncům křídel
- úhel náběhu: přidat negativní
- povrch: vyhladit horní i spodní
- profil: zbavit hran, uhladit
- vyrobit bumerang znovu: z tenčího materiálu, nebo s rameny rozšířenými u svých konců (obr.), nebo s konci ramen ztenčenými



Jak rotaci **snížit**

- úhel náběhu: přidat pozitivní
- konce křídel: udělat je tupější
- přední hrana: udělat ji tupější
- brzda: vyvrtat otvory poblíž konců křídel (obr.), nejprve si to zkus nanečisto přidáním spoilerů (obr.) z pásky
- vyrobit bumerang znovu z tlustšího materiálu



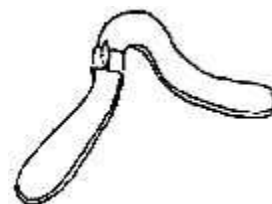
Dolet

- jak dolet **prodloužit**: snížit vztlak (viz výše), nebo přidat závaží ke koncům křídel.
- jak dolet **zkrátit**: zvýšit vztlak (viz výše), nebo závaží přesunout k lokti, nebo závaží úplně odebrat

Výška letu

Jak přimět bumerang, aby letěl **výš**:

- vztlak: přidat přednímu rameni (viz výše)
- prohnutí: prohnut bumerang nahoru



Jak přimět bumerang, aby letěl **níž**:

- vztlak: přidat zadnímu rameni (viz výše)
- prohnutí a úhel náběhu: oběma ramenům přidat prohnutí dolů a současně oběma mírně přidat pozitivní úhel náběhu (jinak by narážel do země)
- víceramenný bumerang: provrtat středovou část bumerangu (díru zvětšit / přidat další kolem)

Pokládání za letu

Jak přimět bumerang, aby se v letu pokládal **více**

- prohnutí: prohnout nahoru
- vztlak: přidat přednímu rameni a současně ubrat zadnímu rameni
- vztlak: přidat na lokti (tj. podbrousit vnější hranu lokte, nebo sbrousit vnitřní hranu shora)

Jak přimět bumerang, aby se v letu pokládal **méně**

- prohnutí: prohnout dolů
- vztlak: přidat zadnímu rameni a současně ubrat přednímu rameni
- vztlak: ubrat na lokti (tj. podbrousit vnitřní hranu lokte, nebo sbrousit vnější hranu shora)

Podrobnosti ke korekčním metodám

Závaží na dvouramenném bumerangu

Obecně:

- nejčastější druhy závaží: mince, olovo, mosaz
- nedoporučuje se přidávat více než **25(30) %** z původní váhy bumerangu
- závaží **posouvá centrum rotace** bumerangu směrem k němu
- závaží přilepené páskou může křídlu jak přidat vztlak („increase lift“), tak ubrat vztlak („decrease lift“), podle jeho vzdálenosti od přední/zadní hrany křídla (viz obr.); závažím v podstatě dotváříš **úhel náběhu** celého křídla
- čím těžší jsou konce křídel (v porovnání s loktem), tím snáze si bumerang uchová rotaci

1 závaží:

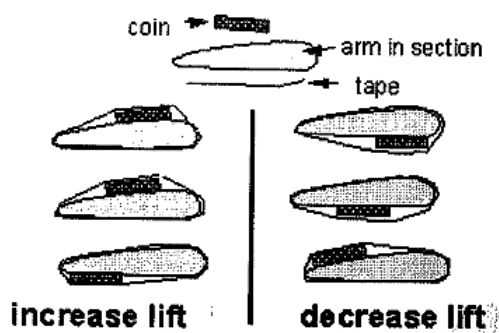
- na konci předního křídla: **prodlouží** dolet, bumerang se bude v letu méně pokládat, letová křivka může mít tvar „U“
- na konci zadního křídla: **prodlouží** dolet, bumerang se bude v letu více pokládat, letová křivka může mít tvar „S“
- v 1/2 délky předního křídla: bumerang poletí **níž** a bude se **méně pokládat**
- v 1/2 délky zadního křídla: bumerang poletí **výš** a bude se **více pokládat**, dolet může být zkrácený
- v lokti: **zkrátí** dolet

2 závaží

- každé na konci jednoho křídla: **prodlouží** dolet
- každé v 1/2 délky jednoho křídla: **zvýší odolnost** vůči větru, dolet bez výraznější změny
- jedno na konci předního křídla a druhé v polovině zadního křídla: **prodlouží** dolet a **zvýší odolnost** vůči větru

3 závaží

- po jednom na konci každého křídla a třetí v lokti: **prodlouží** dolet, ostatní letové vlastnosti zůstanou bez výrazných změn





Spoiler z pásky

Brzdný účinek je tím vyšší, čím ...

- ... je spoiler vyšší spoiler (zpravidla 2-9 mm)
- ... je spoiler delší
- ... je spoiler blíže ke konci křídla

Poloha spoileru vůči hranám křídla:

- na přední horní hraně: poletí **níž**
- na zadní horní hraně: poletí **výš**
- na přední spodní hraně: **zkrátí** dolet
- na zadní spodní hraně: **prodlouží** dolet



Mávátko

- „měkčí“ verze spoileru, kdy se za křídlem nechá plandat kousek pásky (např. 1,5 cm dlouhý)
- další možnost, šňůrka provlečení otvory v konci křídla, nechá se za letu plandat
- má brzdný účinek, ale slabší, než spoiler



Prohnutí bumerangu

- ohýbej zásadně rameno (obr.), nikdy ne loket
- překližku musíš před ohýbáním dobře nahřát (v páře nebo v mikrovlnce), aby lepidlo změklo a vrstvy dřeva se mohly sesmeknout
- příliš velké prohnutí: bumerang bude stoupat do velké výšky a letová křivka bude mít tvar „S“



Úhel náběhu

- kruť zásadně rameno (obr.), nikdy ne loket
- překližku musíš před kroucením dobře nahřát (v páře nebo v mikrovlnce), aby lepidlo změklo a vrstvy dřeva se mohly sesmeknout
- příliš velký úhel (cca nad 15°) hodně zbrzdí rotaci bumerangu



Otvory v bumerangu

- obecně: zvyšují odpor v letu, snižují jak rychlost rotace, tak rychlost letu bumerangu
- čím blíže konci křídla, tím více zpomalují rotaci
- čím blíže ke středu rotace, tím menší vliv mají na zpomalení rotace (nicméně stále ještě snižují rychlost letu)
- víceramenný symetrický bumerang: čím větší otvor v centru rotace nebo čím více menších otvorů, tím méně se bumerang bude v letu pokládat
- čím ostřejší hrana otvoru, tím více brzdí





Hřeben

- obecně: zvyšuje odpor v letu, současně ale snižuje pevnost ramene (plastu vadí méně)
- čím blíže ke konci křídla, tím více brzdí rotaci
- čím tlustší křídlo, tím větší má hřeben efekt
- hřeben **na zadní hraně** křídla: bumerang poletí dále aniž by ztrácel na rotaci, ale jeho odolnost vůči větru nemusí nutně být vyšší
- hřeben **na přední hraně** křídla: zvyšuje odolnost vůči větru



Profilování lokte (dvouramenný bumerang)

- obecně: profil lokte má zásadní vliv na pokládání dvouramenného bumerangu v letu
- podbrus vnější hrany a/nebo sbroušení vnitřní hrany lokte shora: bumerang se bude v letu **pokládat více**
- podbrus vnitřní hrany a/nebo sbroušení vnější hrany lokte shora: bumerang se bude v letu **pokládat méně**

Podbrus hrany křídla zespodu

- obecně: jde o jednu z nejcitlivějších korekcí, postupuj po malých krůčcích a po každém prováděj testovací hody
- podbrus **přední hrany** (zpravidla cca 2 palce dlouhý, sklon cca 7°): zvýší vztlak k řídlu (v podstatě přidává pozitivní úhel náběhu), snižuje rotaci
- podbrus **zadní hrany**: snižuje vztlak (v podstatě přidává negativní úhel náběhu) a zvyšuje rotaci



Hladký vs. drsný povrch bumerangu

- drsný povrch zpravidla zkrátí dobu snášení bumerangu v závěru letu
- hladký povrch působí opačně, navíc umožňuje rychlejší let a snazší uchování rotace
- hladká horní strana bumerangu a drsná spodní: prodlouží dobu snášení bumerangu v závěru letu



6. Zdobení

Úvodem:

- dekorace a lakování zpravidla přidá bumerangu **cca 10 % hmotnosti** (zdobení štětcem více, sprejování méně), tj. prodloužíš dolet
- jasné barvy velmi usnadní hledání bumerangu, použij je i na spodní straně bumerangu

Některé ze způsobů dekorace

- kvalitní akrylové spreje na auta
- štětec + modelářské barvy Revell, Humbrol, latexové barvy apod.
- nálepky z krabiček od sirek, samolepky, poštovní známky, lepicí pásky, třpytky k nasypání na schnoucí lak
- tuš, lihový fix, propiska
- rytí, pálení (obojí případně ještě před nanášením první vrstvy laku :-)



Postup

1. **očisti** bumerang od nečistot po testovacích hodech, celý ho **obruš** brusným papírem 180
2. celý bumerang **nalakuj**
3. celý bumerang znovu jemně **obruš** brusným papírem 180 (tím uřežeš drobná dřevěná vlákna na povrchu, která nasáklá lakem ztuhla)
4. **ozdob** bumerang podle svých představ
5. na dekoraci nanes **krycí vrstvu laku**, můžeš pro jistotu i několik (tím zvyšuješ hmotnost bumerangu, tj. prodlužuješ jeho dolet)
6. závěrečné testovací hody (vše by mělo být ok, pokud náhodou ne, už musíš si vystačit s jemnými tuningovými metodami – gumička, páska - bez použití pilníku nebo vrtačky)

7. Jak o bumerang pečovat

- pečlivě vol **místa házení**: neriskuj náraz bumerangu za letu do sloupu, stromu, zanesení bumerangu větrem někam do rozlehlého křoví apod.
- dbej na co nejměkčí **dopad** bumerangu na zem: házej na trávě, ne na štvěrku, ne na asfaltu, ne na škváře apod. (bumerang při sedání na zem stále ještě rotuje, poškrábe se)
- dřevěné bumerangy chraň před **vlhkem**: házíš-li za lehkého deště nebo je tráva mokrá, pečlivě je otři a nech oschnout
- nenechávej bumerang zbytečně na **přímém slunci**
- nikdy na bumerang nic **nepokládej**
- neházíš-li, ulož bumerang **ve svislé poloze** do brašny nebo ho pověš



8. Oprava zlomu

Úvodem:

- některé materiály jsou bohužel prakticky neopravitelné, např. polypropylen nebo ABS
- dřevo lze níže popsáním způsobem opravovat velmi dobře, opravené místo se dokonce stává tím nejpevnějším z celého bumerangu

Postup:

1. v místě zlomu **ztenčí** bumerang z jedné jeho strany cca o **0.5 mm** v šířce cca 1.5 cm nalevo a 1.5 cm napravo od linie zlomu
2. pečlivě k sobě přilož obě zlomené části, do vybroušené prohlubně **nanes** tenkou vrstvu 2-složkového epoxidového lepidla
3. **ustříhni** kousek skelné tkaniny tak, aby rozměry odpovídaly ploše prohlubně a polož ji na lepidlo
4. na tkaninu jemně poklepevej, až ji celou lepidlem **promočíš** (stane se průhlednou)
5. přilož shora kousek igelitu a směrem od středu ke kraji **vymačkej** z lepidla co nejvíce vzduchových bublinek, jinak výrazně sníží pevnost spoje
6. lepenou plochu **zatiž** např. knihami, mezi ně a bumerang vlož igelit nebo voskový papír
7. po zatvrdnutí **seřízni** nožem přečuhující suchá skelná vlákna a **sbruš** hrany v daném místě tak, aby navazovaly na nejbližší okolí
8. celý postup **opakuj na druhé straně** bumerangu



Použité zdroje:

Smith, Herb: *Boomerangs – Making and Throwing Them*, 1975
Siems, Michael: *The Ultimate Boomerang Book*, 1996
Cross, John: *Performance Boomerangs*, 2003

Michal Vejlupek, 2009
bumerang-asociace@seznam.cz
www.bumerang-asociace.cz