

مواد ترمیمی، فلزات (فصل ۱۰ رفرنس)

آلیاژهای ریختگی دندانی

این بخش به دو قسمت آلیاژهای نجیب و آلیاژهای فلزات پایه تقسیم شده است. آماده‌سازی دندان و طرح ترمیم ویژگی‌های مورد نیاز آلیاژ را تعیین می‌کنند، به همین دلیل در فرآیند تعیین طرح درمان تمام فاکتورها را باید مد نظر داشت.

انواع و ترکیبات

دستورالعمل ADA آلیاژهای ریختگی را بر اساس ترکیبشان طبقه‌بندی می‌کند، بر این اساس آلیاژها به سه دسته‌ی زیر تقسیم می‌شوند:

- ۱- **بسیار نجیب (High noble):** حداقل محتوای ۶۰ درصد وزنی از فلزات نجیب و حداقل محتوای طلا ۴۰ درصد
- ۲- **نجیب (Noble):** حداقل محتوای ۲۵ درصدی از فلزات نابل (برطلا الزامی وجود ندارد)
- ۳- **غالباً فلزات پایه (Base metal):** محتوای فلزات نابل زیر ۲۵ درصد

TABLE 10.3 Revised American Dental Association Classification of Prosthodontic Alloys

Class	Required Noble Content (%)	Required Gold Content (%)	Required Titanium Content (%)
High-noble alloys	≥60	≥40	
Titanium and titanium alloys			≥85
Noble alloys	≥25		
Predominantly base materials	≥25		

دستورالعمل شماره‌ی ۵ ANSI/ADA (ISO 1562) به غیر از طبقه‌بندی بر اساس ترکیب که قبلاً ذکر شد، یک سیستم طبقه‌بندی از نوع **I تا IV** را بکار می‌گیرد که در آن هر نوع آلیاژ **کاربرد** مشخصی دارد. براین اساس، یک آلیاژ **high noble** بر اساس خواص مکانیکی خود ممکن است نوع **I** یا نوع **IV** باشد. دستورالعمل قدیمی نوع آلیاژها براساس ترکیب آنها بود و در واقع طلا پایه‌ی تمام آلیاژها بوده است. در سیستم فعلی، استفاده از هر نوع آلیاژ بر اساس میزان نیرویی که در استفاده‌ی دهانی به آن وارد می‌شود پیشنهاد شده است.

- آلیاژهای نوع **I و II** هر دو افزایش طول بالایی دارند و به راحتی **برنیش** می‌شوند، ولی تنها در نواحی با **فشار کم** مناسب هستند، مانند **اینله**‌هایی که نیروهای الکولزال پایینی را تجربه می‌کنند.
- آلیاژهای نوع **III** بیشتر در **روکش‌ها** و **پروتزهای پارسیل ثابت کوتاه** استفاده می‌شوند.
- آلیاژهای نوع **IV** در شرایط کلینیکی که **فشار بسیار بالا** است استفاده می‌شود، مانند **پروتزهای ثابت دندانی طولانی (long-span)**.

روی (Zn): عامل داکسید کننده در بعضی آلیاژها
ایریدوم (Ir) و روتنیوم (Ru): پالایش دهنده دانه‌ها (grain refiner) در آلیاژها

TABLE 10.5 Typical Compositions (wt%/at%) of Noble Dental Casting Alloys

Alloy Type	Ag	Au	Cu	Pd	Pt	Zn	Other
HIGH NOBLE							
Au-Ag-Pt	11.5/19.3	78.1/71.4	—	—	9.9/9.2	—	Ir (trace)
Au-Cu-Ag-Pd-I	10.0/13.6	76.0/56.5	10.5/24.2	2.4/3.4	0.1/0.1	1.0/2.0	Ru (trace)
Au-Cu-Ag-Pd-II	25.0/30.0	56.0/36.6	11.8/23.9	5.0/6.1	0.4/0.3	1.7/3.4	Ir (trace)
NOBLE							
Au-Cu-Ag-Pd-III	47.0/53.3	40.0/24.8	7.5/14.4	4.0/4.7	—	1.5/2.8	Ir (trace)
Au-Ag-Pd-In	38.7/36.1	20.0/10.3	—	21.0/33.3	—	3.8/5.8	In 16.5
Pd-Cu-Ga	—	2.0/1.0	10.0/15.8	77.0/73.1	—	—	Ga 7.0/10.1
Ag-Pd	70.0/69.0	—	—	25.0/25.0	—	2.0/3.3	In 3/2.3

آلیاژ High Noble کستینگ

- **Au-Ag-Pt:** ۷۸ درصد وزنی طلا و مقادیر تقریباً یکسان نقره و پلاتین دارد. از این آلیاژها به عنوان **آلیاژهای ریختگی** و **آلیاژها فلز-سرامیک** استفاده می‌شود.
- **Au-Cu-Ag-Pd-I:** ۷۵ درصد وزنی طلا، مس و نقره هر کدام در حدود ۱۰ درصد وزنی و ۲ تا ۳ درصد وزنی نیز پلاتین دارد.
- **Au-Cu-Ag-Pd-II:** کمتر از ۶۰ درصد وزنی طلا و محتوای نقره افزایش یافته برای تطابق با کاهش محتوای طلا.

آلیاژ Noble کستینگ

- **Au-Cu-Ag-Pd-III:** به طور معمول دارای محتوای ۴۰ درصد وزنی طلا هستند. کاهش طلا توسط نقره جبران می‌شود.
- **Au-Ag-Pd-In:** تنها دارای ۴۰ درصد وزنی طلا هستند و در حدود ۴۰ درصد نقره، ۲۰ درصد پالادیوم و ۱۵ درصد ایندیوم.
- **Pd-Cu-Ga:** مقدار بسیار کم یا هیچ مقدار طلا ندارند، حدوداً ۵۷ درصد وزنی پالادیوم داشته و تقریباً برابر همان مقدار مس و گالیوم دارند.
- **Ag-Pd:** **طلا ندارند**، اما ۰.۷ درصد، وزنی نقره و ۵۲ درصد وزنی پالادیوم دارند. براساس دستور العمل ADA، این آلیاژها بخاطر محتوای **پالادیوم** شان نجیب تلقی می‌شوند.

اگر محتوای پالادیوم بیشتر از ۱۰ درصد وزنی باشد **آلیاژ سفید** رنگ می‌شود. به همین دلیل آلیاژهای Pd-Cu-Ga و Ag-Pd سفید هستند، در حالی که آلیاژهای دیگر زرد رنگ هستند (طلا).
 آلیاژهای Au-Ag-Pd-In به دلیل محتوای پالادیوم بالای ۲۰ درصد استثناء است و رنگ زرد روشن دارند.

عناصر فلزی استفاده شده در آلیاژهای دندانی

عناصر فلزی که آلیاژهای دندانی را تشکیل می دهند را می توان به دو گروه اصلی تقسیم کرد، فلزات نابل و فلزات پایه

فلزات نابل

فلزاتی هستند که:

- ✓ سطح فلزی خوبی دارند.
- ✓ در هوای خشک سطح خود را نگه می دارند.
- ✓ با **سولفور** به راحتی واکنش می دهند و سولفید تولید می کنند.
- ✓ **مقاومت** آنها در برابر **اکسید شدن، کدر شدن، و خوردگی** در طی فرآیندهای حرارت دادن، ریختگی، لحیم کاری و در محیط دهان **خوب** است.

فلزات طلا، پلاتین، پالادیوم، ایریدیوم، رودیم، اسمیوم و روتنیم فلزات نابل هستند.

فلزات گروه اول، که شامل **روتنیم، رودیم و پالادیوم** هستند، وزن اتمی در حدود ۱۰۰ و چگالی در حدود ۱۲ تا ۱۳ دارند.
فلزات گروه دوم که شامل **اسمیوم، ایریدیوم، پلاتین و طلا** هستند، دارای وزن اتمی در حدود ۱۹۰ و چگالی ۱۹ تا ۲۳ هستند.

نقطه ی ذوب اعضای هر گروه با **افزایش وزن اتمی کاهش** پیدا می کند.

بر این اساس روتنیم در ۲۳۱۰، رودیم در ۱۹۶۶، و پالادیوم در ۱۵۵۴ درجه ی سانتیگراد ذوب می شوند.
در گروه دوم نقطه ی ذوب از ۳۰۴۵ برای **اسمیوم** تا ۱۰۶۴ درجه ی سانتیگراد برای **طلا** متغیر است.
در حین ترکیب و ساخت آلیاژها نقطه ی ذوب و چگالی خصوصیات حائز اهمیتی هستند، زیرا که بر فرآیند ریختگی تاثیر می گذارند، که این فرآیند بر دقت و کیفیت کلی محصول نهایی تاثیر می گذارد.

فلزات نابل را به همراه **نقره، فلزات گرانبها (Precious)** می نامند.

لفظ گرانبها به دلیل هزینه ی به نسبت بالای این فلزات و تجارت آنها در بازار کالا، استفاده می شود. بعضی از متالورژیست ها نقره را نیز فلز نجیب می دانند ولی ما در دندانپزشکی نقره را فلزی نجیب خطاب نمی کنیم زیرا که دهان به شدت دچار خوردگی می شود. بر این اساس لفظ نجیب و گرانبها در دندانپزشکی مترادف هم نیستند.

TABLE 10.6 Properties of Elements in Dental Casting Alloys

Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Mass	Density (g/cm ³)	Melting Temperature (°C)	Color	Comments
NOBLE							
Ruthenium	Ru	44	101.07	12.48	2310.0	White	Grain refiner, hard
Rhodium	Rh	45	102.91	12.41	1966.0	Silver-white	Grain refiner, soft, ductile
Palladium	Pd	46	106.42	12.02	1554.0	White	Hard, malleable, ductile
Osmium	Os	76	190.20	22.61	3045.0	Bluish-white	Not used in dentistry
Iridium	Ir	77	192.22	22.65	2410.0	Silver-white	Grain refiner, very hard
Platinum	Pt	78	195.08	21.45	1772.0	Bluish-white	Tough, ductile, malleable
Gold	Au	79	196.97	19.32	1064.4	Yellow	Ductile, malleable, soft, conductive
BASE							
Nickel	Ni	28	58.69	8.91	1453.0	White	Hard
Copper	Cu	29	63.55	8.92	1083.4	Reddish	Malleable, ductile, conductive
Zinc	Zn	30	65.39	7.14	419.6	Bluish-white	Soft, brittle, oxidizes
Gallium	Ga	31	69.72	5.91	29.8	Grayish-white	Low melting
Silver	Ag	47	107.87	10.49	961.9		Soft, malleable, ductile, conductive
Tin	Sn	50	118.71	7.29	232.0	White	Soft
Indium	In	49	114.82	7.31	156.6	Gray-white	Soft

طلا (Au)

طلای خالص فلزی نرم، چکش خوار (Malleable) و سیم شونده (Ductile) است که رنگ زرد دارد و دارای جلائی فلزی زیادی است.

اگرچه طلای خالص **چکش خوارترین** و **Ductile ترین** فلزات است، به نسبت دارای استحکام پایینی است. مقادیر کمی از ناخالصی تاثیر چشمگیری در خواص مکانیکی طلا و آلیاژهای آن دارد. وجود سرب به میزان کمتر از ۰/۲ درصد باعث می شود که طلا به شدت شکننده بشود.

آب یا هوا در هر دمایی تاثیری بر طلا ندارند و باعث تارنیش آن نمی شوند.

طلا در اسید سولفوریک، نیتریک و هیدروکلریک حل نمی شود.

به آسانی در ترکیب **تیزاب سلطانی (۱۸ درصد حجمی اسید نیتریک و ۸۲ درصد حجمی اسید هیدروکلریک)** حل می شود و تری کلراید طلا (AuCl_3) را شکل می دهد. طلا در چندی دیگر از مواد شیمیایی مانند سیانید پتاسیم و محلول های برومین و کلورین نیز حل می شود.

به دلیل نرمی، طلا باید با مس، نقره، پلاتین و دیگر فلزات ترکیب بشود تا به سختی، دوام و انعطاف پذیری مورد نیاز برسد.

طلا را می توان برای بهتر شدن ویژگی های فیزیکی آن تحت **کار سخت** (Work hardening) قرار داد. Work hardening: فرآیندی برای سخت کردن مواد شکل پذیر است که قابلیت عملیات حرارتی ندارند.

TABLE 10.7 Physical and Mechanical Properties of Cast Pure Gold and Gold Alloys

Material	Density (g/cm ³)	Hardness (VHN/BHN) (kg/mm ²)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
Cast 24k gold	19.3	28 (VHN)	105	30
Cast 22k gold	—	60 (VHN)	240	22
Coin gold	—	85 (BHN)	395	30
Typical Au-based casting alloy (70 wt% Au) ^a	15.6	135/195 (VHN)	425/525	30/12

TABLE 10.8 Comparison of Carat, Fineness, and Weight Percentage of Gold in Gold Alloys

Carat	Amount of Gold by Carats	Weight (%) of Gold	Fineness	
			Parts/1000	Decimal
24	$\frac{24}{24}$	100.0	1000.00	1.000
22	$\frac{22}{24}$	91.7	916.66	0.916
20	$\frac{20}{24}$	83.3	833.33	0.833
18	$\frac{18}{24}$	75.0	750.00	0.750
16	$\frac{16}{24}$	66.7	666.66	0.666
14	$\frac{14}{24}$	58.3	583.33	0.583
9	$\frac{9}{24}$	37.5	374.99	0.375

عیار و خلوص آلیاژها با پایه ی طلا

عیار (carat): یک عیار معادل یک بیست و چهارم کل است. پس ۲۴ عیار نشان دهنده ی طلای خالص است. عیار یک آلیاژ را با علامت k نشان می دهند، مثلا ۱۸k یا ۲۴k.

Fineness: نشان دهنده ی تعداد بخش طلا در ۱۰۰۰ بخش آلیاژ است بنابراین طلای ۲۴ عیار همان طلای ۱۰۰ درصد یا طلای ۱۰۰۰ finess (به عبارت دیگر ۱۰۰۰ fine) است.

پلاتین (Pt)

پلاتین فلزی آبی-سفید است؛ سخت، ductile، و قابل شکل دهی است. پلاتین خالص استفاده های بسیاری در دندانپزشکی دارد زیرا که دارای **نقطه ذوب بالایی** است و در برابر شرایط دهانی و دمایی بالا مقاوم است.

پلاتین سختی و ویژگی های الاستیک طلا را افزایش می دهد. پلاتین تمایل دارد که رنگ زرد آلیاژها با پایه ی طلا را روشن تر کند.

پالادیوم (Pd)

پالادیوم فلزی است سفید رنگ و مقداری از پلاتین تیره تر است. پالادیوم در حالت خالص در دندانپزشکی استفاده نمی شود، ولی به طور وسیعی در آلیاژهای دندانی کاربرد دارد. آلیاژها به راحتی بین طلا و پالادیوم شکل می گیرند، و مقداری از پالادیوم حتی به کمی ۵ درصد وزنی، باعث سفیدتر شدن مشخص رنگ زرد آلیاژها با پایه ی طلا می شود. خصوصیات مکانیکی آلیاژها با پایه ی پالادیوم می تواند به همان خوبی و یا حتی بهتر از آلیاژهای سنتی با پایه ی طلا باشد.

ایریدیم (Rh)، روتنیوم (Ru)، رودیم (Rh)

ایریدیم و روتنیوم در مقادیر کمی در آلیاژهای دندانی برای **ریز کردن دانه‌ها** استفاده می‌شوند تا سایز دانه‌ها کوچک بماند. سایز کوچک دانه‌ها باعث می‌شود که خصوصیات فیزیکی و یکپارچگی خصوصیات درون آلیاژ بهتر بشود.

نقطه ی ذوب بسیار بالا دلیل اصلی ویژگی **پالایش دانه ها (grain refiners)** این عناصر است.

ایریدیم در دمای ۲۴۱۰ درجه ی سانتیگراد و روتنیوم در ۲۳۱۰ درجه سانتیگراد ذوب می‌شود. بر این اساس این عناصر در حین فرآیند ریخته گری ذوب نمی‌شوند و نقش یک مرکز هسته زا را برای ماده ی مذاب در حین سرد شدن بازی میکند، که نتیجه ی آن آلیاژی با دانه های ریز است.

رودیم نیز دارای نقطه‌ی ذوب بالایی است (۱۹۶۶ درجه‌ی سانتیگراد) و همراه با پلاتین در آلیاژهایی در ساخت سیم‌های ترموکوپل‌ها استفاده می‌شوند.

TABLE 10.6 Properties of Elements in Dental Casting Alloys

Element	Symbol	Atomic Number	Atomic Mass	Density (g/cm ³)	Melting Temperature (°C)	Color	Comments
NOBLE							
Ruthenium	Ru	44	101.07	12.48	2310.0	White	Grain refiner, hard
Rhodium	Rh	45	102.91	12.41	1966.0	Silver-white	Grain refiner, soft, ductile
Palladium	Pd	46	106.42	12.02	1554.0	White	Hard, malleable, ductile
Osmium	Os	76	190.20	22.61	3045.0	Bluish-white	Not used in dentistry
Iridium	Ir	77	192.22	22.65	2410.0	Silver-white	Grain refiner, very hard
Platinum	Pt	78	195.08	21.45	1772.0	Bluish-white	Tough, ductile, malleable
Gold	Au	79	196.97	19.32	1064.4	Yellow	Ductile, malleable, soft, conductive
BASE							
Nickel	Ni	28	58.69	8.91	1453.0	White	Hard
Copper	Cu	29	63.55	8.92	1083.4	Reddish	Malleable, ductile, conductive
Zinc	Zn	30	65.39	7.14	419.6	Bluish-white	Soft, brittle, oxidizes
Gallium	Ga	31	69.72	5.91	29.8	Grayish-white	Low melting
Silver	Ag	47	107.87	10.49	961.9		Soft, malleable, ductile, conductive
Tin	Sn	50	118.71	7.29	232.0	White	Soft
Indium	In	49	114.82	7.31	156.6	Gray-white	Soft

فلزات پایه (بیس متال)

چندین فلز پایه با فلزات نابل ترکیب می شوند تا آلیاژ هایی با خواص مناسب جهت ترمیم های دندانانی ایجاد کنند.

نقره (Ag)

نقره یک فلز قابل شکل دهی، ductile و سفید رنگ است.

بهترین رسانای گرما و الکتریسیته است.

با داشتن نقطه ی ذوب ۱۶۹۰/۹ درجه ی سانتیگراد، نقطه ی ذوب آن پایین تر از نقطه ی ذوب مس و طلا است.

در هوای تمیز و خشک و در هر دمایی تغییری نمی کند، ولی با گوگرد، کلر، و فسفر ترکیب می شود و بخاراتی که این عناصر یا ترکیباتی از آنها را دارد آزاد می کند. غذاهایی که دارای ترکیبات گوگردی هستند به شدت باعث کدری نقره می شوند، و به این دلیل است که در دندانپزشکی نقره را یک فلز نجیب نمی دانند.

نقره ی خالص را به دلیل سولفید سیاه رنگی که بر روی فلز در دهان ایجاد می شود، استفاده نمی کنند.

اضافه کردن مقادیر کمی **پالادیوم** به آلیاژهای که دارای نقره هستند جلوی **خوردگی شدید** این آلیاژها را در محیط دهان می گیرد.

نقره **محلول های جامد** را با پالادیوم و طلا تشکیل می دهد و آلیاژها با پایه ی طلا را به وسیله ی مکانیسم سخت شدن محلول های جامد، سخت تر می کند.

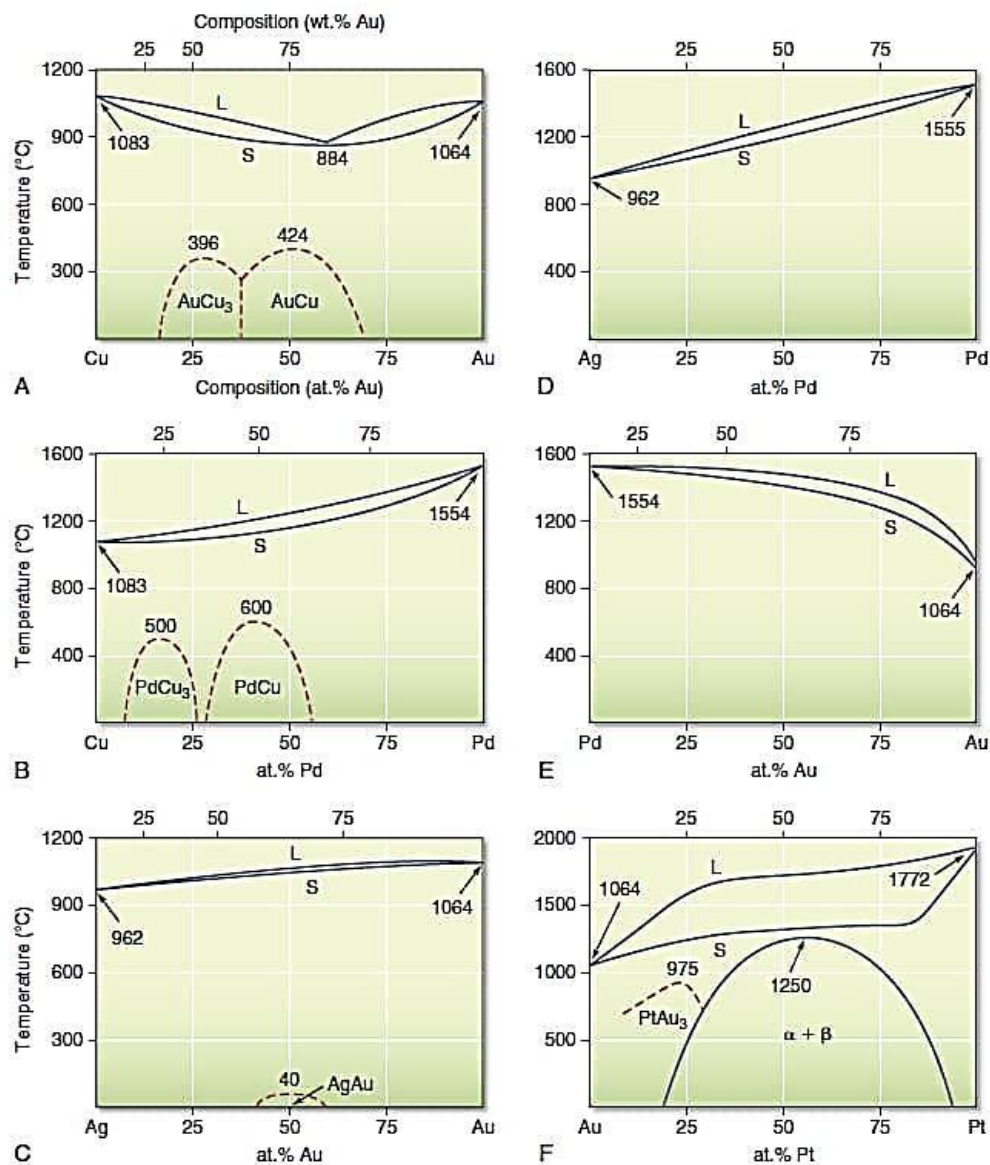


FIG. 10.5 Phase diagrams for binary combinations. (A) Copper (Cu) and gold (Au); (B) copper and palladium (Pd); (C) silver and gold; (D) silver and palladium; (E) palladium and gold; and (F) gold and platinum (Pt). Atomic percentages are shown along the bottom of each graph; weight percentages are shown along the top. L, Liquidus; S, solidus. (Modified from Hansen M. Constitution of Binary Alloys. New York: McGraw Hill, 1958.)

مس (Cu)

مس یک فلز شکل پذیر و ductile با رسانایی حرارتی و الکتریکی بالاست و رنگ قرمز خاصی دارد. زمانی که به آلیاژها با پایه ی طلا اضافه می شود آلیاژ را از طریق مکانیسم محلول جامد یا **ordered-solution** سخت می کند. وجود مس در آلیاژها با پایه ی طلا در مقادیری بین **۴۰ تا ۸۸ درصد وزنی** اجازه ی تشکیل یک **فاز منظم** می دهد. مس عموماً در آلیاژها با **پایه ی پالادیوم** استفاده می شود، که می تواند زمانی که **مس بین ۱۵ تا ۵۵ درصد وزنی** است، برای **کم کردن نقطه ی ذوب و تقویت آلیاژ از طریق سخت شدن محلول جامد و ایجاد فاز منظم** استفاده شود. نسبت نقره به مس باید در آلیاژها با پایه ی طلا و پالادیوم به خوبی متعادل شود، زیرا که نقره و مس حل شدنی نیستند. مس یک جز معمول در **لجیم های دندانی سخت** می باشد.